

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra obrábění a montáže

Racionalizace technologie loupání ocelových tyčí

**Rationalization of Technology Peeling Proposal of
Steel Bars**

Student:

Bc. Gerhard KOCINEC

Vedoucí diplomové práce:

Ing. et Ing. Mgr. Jana PETRŮ, Ph.D.

Ostrava 2014



VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra obrábění a montáže

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Gerhard Kocinec**
Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní obor: 2303T002 Strojírenská technologie
Specializace: 20 Strojírenská technologie
Téma: **Racionalizace technologie loupání ocelových tyčí**
Rationalization of Technology Peeling Proposal of Steel Bars

Zásady pro vypracování:

1. Analýza současného stavu řešené problematiky.
2. Popis stávající technologie loupání tyčí.
3. Racionalizace technologie pro loupání ocelových tyčí.
4. Zhodnocení a shrnutí přínosů pro výrobu.
5. Závěr.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, s. 126. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 2. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008, s. 150. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [3] ČEP, R.; BRYCHTA, J.; SADÍLEK, M.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007. s. 251. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [4] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábání*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. s. 343. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [5] HAVRILA, M.; ZAJAC, J.; BRYCHTA, J.; JURKO, J. *Top trendy v obrábání, I. část – Obráběné materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. s. 205. ISBN 80-968954-2-7.
- [6] ZAJAC, J.; JURKO, J.; ČEP, R. *Top trendy v obrábání, II. část – Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. s. 193. ISBN 80-968954-2-7.


Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.**

Datum zadání: 13.12.2013

Datum odevzdání: 19.05.2014




Ing.et Ing.Mgr. Jana Petrů, Ph.D.
vedoucí katedry


doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty



Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě : 19.5. 2014

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce :

Gerhard KOCINEC

Adresa trvalého pobytu autora práce :

Třinec V., ul. Sosnová 381



Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucí diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě : 19.5. 2014

.....
podpis studenta



ANOTACE DIPLOMOVÉ PRÁCE

KOCINEC, G. *Racionalizace technologie loupání ocelových tyčí : diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra obrábění a montáže, 2014, 57 s. Vedoucí práce : Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.

Diplomová práce se zabývá racionalizací technologie loupání ocelových tyčí pro loupací stroj *LANDGRAF T80* v Třineckých Železárnách, a.s., pro loupací centrum na Žíhárně a Úpravně ušlechtilých ocelí. Prakticky se zabývá tato práce experimentováním s řeznými parametry v praxi loupacího stroje *LANDGRAF T80* a technologií loupání u feriticko – perlitické oceli *38MnVS6*. Byly porovnány řezné nástroje firmy *BOEHLERIT* u dvou druhů vyměnitelných břitových destiček a to *LNGF 2010 BML – M1 LCPI5P* a *LNGF 2010 BML – H1 LC218E*. Dále se zabývá diplomová práce optimalizací obrobiteľností a opotřebením řezných nástrojů. Práce byla zhodnocena na praktické kvalitě obrobeného povrchu loupané ocelové tyče *38MnVS6* o průměru *68 mm*, při nejvhodnějších, praxi určených parametrech dvou druhů řezných nástrojů.

ANNOTATION OF THESIS

KOCINEC, G. *Rationalising of Steel Bar Peeling Technology: diploma thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Machining and Assembly, 2014, 57 pages. Thesis Advisor: Ing. et Ing. Mgr. Jana Petřů, Ph.D.

The diploma thesis deals with the streamlining of steel bar peeling technology used with *LANDGRAF T80* peeling machine at Trinec Ironworks plc, for the peeling center of annealing and modification of precious metals. It focuses on experimenting with cutting parameters of *LANDGRAF T80* and the peeling technology of ferrous-pearlitic steel *38MnVS6*. A comparison was drawn of *BOEHLERIT* cutting tools of two replaceable cutting platelets *LNGF 2010 BML – M1 LCPI5P* a *LNGF 2010 BML – H1 LC218E*. The thesis further deals with the optimization of machining and as well as wear and tear of cutting tools. The findings were tested on the quality of the treated surface of peeled steel bar *38MnVS6* with the *68 mm* diameter at the optimally set parameters of two cutting tools.



OBSAH

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	8
ÚVOD	10
1. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	12
1.1 Charakteristika procesu loupání ocelových tyčí	16
1.2 Profil historií Žihárny a Úpravny ušlechtilé ocele	17
2. POPIS STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE LOUPÁNÍ TYČÍ	18
2.1 Loupaní ocelových kruhových tyčí	18
2.2 LANDGRAF T80	19
2.3 Materiálový a technologický tok pro loupací centrum	20
2.3.1 Komunikační soustava dopravy pro loupací centrum	20
2.3.2 Technologický tok loupací linky LANDGRAF T80	21
3. CHARAKTERISTIKA OCELE 38MnVS6 EN 10267	22
3.1 Vlastností ocele 38MnVS6	22
3.1.1 Využití ocele 38MnVS6 pro výrobu součástí	23
3.2 Trvanlivost řezného nástroje při loupání ocelových tyčí	23
3.3 Řezné nástroje ze slinutých karbidů	25
3.4 Typy opotřebení vyměnitelných břitových destiček	26
3.5 Vznikající mechanismy opotřebení	27
3.4 Nežádoucí typy vyměnitelných břitových destiček	29
4. RACIONALIZACE TECHNOLOGIE PRO LOUPÁNÍ OCELOVÝCH TYČÍ	31
4.1 Tuhost soustavy loupací linky LANDGRAF T80	31
4.2 Optimalizace otáček pro loupací linku LANDGRAF T80	32
4.3 Řezné parametry doporučené výrobcem pro destičku LCP 15P	34
4.4 Řezné parametry doporučené výrobcem pro destičku LC 218E	35
4.5 Řezné parametry destičky LCP 15P pro loupací linku LANDGRAF T80	36
4.6 Řezné parametry destičky LC 218E pro loupací linku LANDGRAF T80	41
5. ZHODNOCENÍ A SHRUTÍ PŘÍNOSU PRO VÝROBU	46
5.1 Pro vyměnitelné břitové destičky LCP 15P	46
5.2 Pro vyměnitelné břitové destičky LC 218E	47
5.3 Porovnání dvou typů VBD LCP 15P a LC 218E	48
ZÁVĚR	53
POUŽITÁ LITERATURA	55



SEZNAM PŘÍLOH	57
----------------------------	----



SEZNAM POUŽITÝCH ZNAČEK A SYMBOLŮ

D-díl	Komponent specifického systému automobilu, jenž má zvláštní vliv na bezpečnost automobilu.	
D-materiál	Válcovaný materiál pro výrobu D-dílů.	
VH	Válcovna předvalků a hrubých profilů.	
VJ	Válcovna drátů a jemných profilů.	
VJez	Žihárna a Úpravna ušlechtilé ocele.	
*****	*****	
A_5	tažnost ocele v prodloužení	[%]
D	průměr loupané tyčové kulatiny	[mm]
ČSN	česká technická norma	[-]
EN	evropská norma	[-]
HSC	High Speed Cutting – obrábění vysokou řeznou rychlostí	[-]
HRC	tvrdost podle Rockwela	[-]
HB	tvrdost podle Brinella	[-]
ISO	International Standard for Organization - Mezinárodní organizace pro normalizaci	[-]
PVD	Pfysical Vapor Deposition – fyzikální povlakování	[-]
R_a	parametr drsnosti povrchu loupaných ocelových tyčí	[μ m]
R_e	mez pevnosti v kluzu ocele	[MPa]
R_m	mez pevnosti v tahu ocele	[MPa]
SK	slinutý karbid	[-]
T	trvanlivost nástroje	[min]
T_{30}	třiceti minutová trvanlivost nástroje	[min]
T_{40}	čtyřiceti minutová trvanlivost nástroje	[min]
T_{45}	čtyřiceti pěti minutová trvanlivost nástroje	[min]
T_{60}	šedesáti minutová trvanlivost nástroje	[min]
TŽ	Třinecké Železářny, a.s.	[-]
VBD	vyměnitelná břitová destička	[-]
a	délka nájezdu úběru břitové destičky	[mm]
a_p	hloubka třísky	[mm]
b	šířka břitové destičky	[mm]



f_n	posuv na otáčku	[mm]
h9	toleranční řady pro hřídele	[-]
ks	na jeden kus loupané ocelové tyče	[-]
k_{VT}	korekční činitel trvanlivostí nástroje	[-]
l	délka ocelové tyče	[m]
l	délka břitové destičky	[mm]
m	hmotnost výroby loupaných tyčí	[kg]
n	otáčky za minutu	[min ⁻¹]
s	tloušťka břitové destičky	[mm]
t	teplota: stupeň celsia	[°C]
v_c	řezná rychlost	[m/min]
v_{c40}	řezná rychlost při čtyřiceti minutové trvanlivosti břitu	[m/min]
v_{c60}	řezná rychlost při šedesáti minutové trvanlivosti břitu	[m/min]
α	úhel hřbetu	[°]
β	úhel břitu	[°]
γ	úhel čela	[°]



ÚVOD

Tato práce se bude zaměřovat na racionalizaci výroby loupáných ocelových kruhových tyčí, která se rozvíjí nejen ve strojírenském, ale i hlavně v automobilovém průmyslu.

Technologie loupání ocelových tyčí je proces, který patří mezi kategorie pro strojní obrábění ocelových kruhových tyčí. Pomocí procesu obrábění dosahujeme přesného jmenovitého průměru v tolerančních řadách h19 – h11 – h10 – h9 pro hřídel, drsnosti povrchu a také pro odstraňování povrchových technologických vad zapříčiněné dislokací, vzniklých při válcování ocelových tyčí kruhového průřezu za tepla na válcovacích stolicích.

Technologie výroby loupáných ocelových tyčí v *Třineckých železárnách, a. s.* se utváří od střední tratí VH, kontijemné tratí VJ a konečný strojní polotovár, který se posouvá na další zpracování ve středisku Žihárna a Úpravna ušlechtilé ocele. Provádí se kompletní kontroly povrchových a vnitřních vad. Zpracovávají se loupané kruhové ocelové tyče leštěním kvůli drsnosti povrchu a křivosti tyče. Loupaný materiál se vytřídí a vyexpeduje se z *Třineckých železáren, a.s.* k tuzemským a k zahraničním odběratelům. Tyto polotovary jsou zpracovávány pro automobilový průmysl jako D-díly, k tváření a zápusťkovému kování, pro jadernou energetiku, k spojovacím dílům, atd.

Třinecké železářny, a. s. je průmyslový podnik převážně pro výrobu ocele, polotovarů a válcovaných produktů. V hutnictví se prosazuje konkurenceschopnost konvertorové výroby ocele, zpracování mimopecních technologií a plynulého blokového odlévání určené pro výrobu kolejnic.

Cílem *Třineckých železáren, a. s.* je od roku 1996 zaměření výrobní strategie na zkvalitnění výroby u finální úrovně svých produktů. Výroba sochorů, ze kterých se válcují vývalky o průměru 300 mm se speciálním chemickým složením pro speciální tyčovou kruhovou ocel. Byla také zahájena výroba netypických tvarů válcovaných profilů u kolejnic a speciálních profilů pro automobilový průmysl. Hnací silou technicko-technologického pokroku je trh založený na požadavku kvality výrobku a ekonomiky plynoucí z úspor v řetězci technologické cesty. Kvalita výrobků je především cíl *Třineckých železáren, a.s.* [16]

V této diplomové práci se budeme zaměřovat na racionalizaci technologie loupáných ocelových tyčí a to konkrétně pro obráběnou ocel 38MnVS6. Tato ocel je velice náročná pro třískové obrábění na loupacím stroji *LANDGRAF T80* a proto budeme srovnávat při loupání dva typy vyměnitelných břitových destiček s typovým označením *LNGF 2010 BML – M1 LCPI5P* a *LNGF 2010 BML – H1 LC218E* od firmy *BOEHLERIT*.



Porovnáme řeznou geometrií břitů pomocí karbidových destiček, které ustavíme do záporného či kladného úhlu čela k ose loupaného materiálu a hlavně srovnáme nastavení řezných parametrů, které musejí vycházet ze soustavy stroje a jeho tuhosti, protože se u loupací linky *LANDGRAF T80* provozuschopnost rapidně mění.

Technologie loupání ocelových tyčí je sériová výroba na které porovnáme optimalizaci vybraných řezných nástrojů *LNGF 2010 BML – M1 LCP15P* a *LNGF 2010 BML – H1 LC218E* při námi zvolených řezných parametrech pro obráběnou ocel *38MnVS6*, jejich životnost a výrobu loupáných ocelových tyčí.



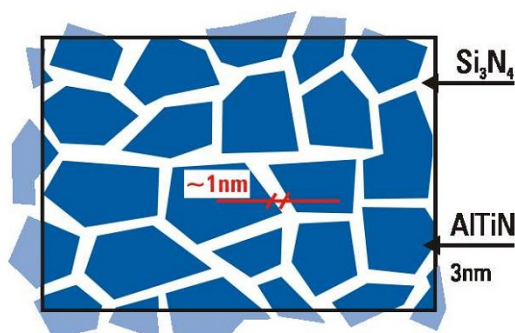
1. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY.

V práci bude řešena problematika loupání kruhových ocelových tyčí s označením ocele *38MnVS6* na loupacím stroji *LANDGRAF T80*. Loupací linka má velice nízkou tuhost stroje a proto musíme optimalizovat řezné parametry tak, aby nám nevznikla rezonance loupacího stroje, která vede k negativním účinkům na loupané ocelové tyče. Tyto účinky se nám projevují v podobě vlnité šroubovice, která vede k neshodné výrobě loupáných ocelových kruhových tyčí.

Bude se řešit opotřebení řezných nástrojů v podobě dvou druhů vyměnitelných břitových destiček *LNGF 2010 BML – M1 LCPI5P* a *LNGF 2010 BML – H1 LC218E* od firmy *BOEHLERIT*, jejich výrobnost u tří břitů na jedné vyměnitelné břitové destičce u loupané tyčové ocele *38MnVS6* a trvanlivost těchto řezných nástrojů, které mají značně ekonomický vliv na loupání ocelových tyčí.

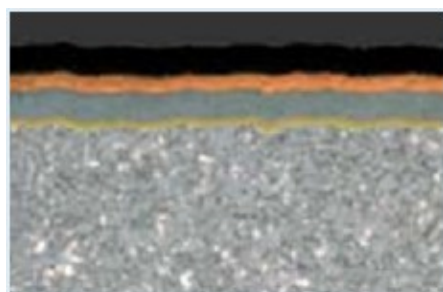
V odborném Rakouském příspěvku *BOEHLERIT Magazine* byla řešena problematika vzhledem k možnostem nastavení optimálních řezných parametrů, kde jsou zhodnocené výsledky k zpracování rozměrové přesnosti a k dosažení kvality drsnosti povrchů. To vše se zakládá na úsudku operátorů loupacích linek a hlavně jejich vlastních zkušenostech, které jsou založené na dlouholeté praxi ve výrobě loupané oceli. Výzva spočívá v přizpůsobení řezných parametrů a chladicího procesu na jednotlivých obráběcích strojích. To se obvykle provádí v úzké spolupráci s výrobcem řezných materiálů u vyměnitelných břitových destiček, jejich složení a geometrií břitů spolu s utvářečem třísek. Výkon vyměnitelných břitových destiček nám také závisí na nepřehlédnutelném povlaku, které firmy při technologii výroby a poměru přísad chemických prvků tají. [11]

Původně byly vyvinuty povlaky pro řezné nástroje jen z Ti/Al ku poměru 50:50 a v dnešní době se vyvíjejí povlaky pro standardní podmínky v poměru 30:70, což je důvod, proč byly vyvinuty tzv. AlTiN-povlaky. Nové a odolnější TiAlN, AlTiN povlaky pro řezné nástroje byly vytvářené v průběhu posledních dvou desetiletí, oproti standardním povlakům. U systému vrstev nitridu se ukázalo, že vzhledem k jeho rozsahu vlastností je ideální pro obrábění oceli a litiny. Z tohoto důvodu bylo povlakování TiAlN výhradně spojeno s metodou PVD (Physical Vapour Deposition). Odpařením nanášecí vrstvy z pevné fáze při přípravě cca 2μm tenkých vrstev se vykazují vynikajícími fyzikálními i chemickými vlastnostmi. Tyto povlaky se prokazují nízkým třením, vysokou tvrdostí, odolností vůči otěru a vysoké teplotě (standardně 550°C, ale i 750°C a více). [11]

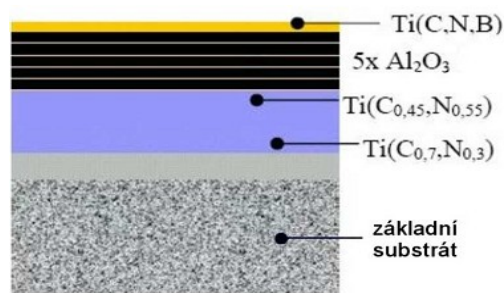


Obr. č. 1 Nanorozměrové krystály vsazené do matrice Si_3N_4 . [10]

Nanolocková vrstva povlaku propojená s utvářecí vrstvou, tj. přechod, který je optimalizován pro soudržnost vrstev materiálů. Vysokorychlostní řezání klade obrovské nároky na stroje a řezné nástroje. Vícevrstvé povlaky prokázaly svůj význam v ochraně řezného nástroje před opotřebením. V závislosti na tom, jaké mají být řezné nástroje použity v praxi, jsou buď využívány pro obrobky tvrdé nebo ještě tvrdší v HB. Díky inovativní Nanolock technologii *BOEHLERITU*, se nyní podařilo spojit obě vlastnosti na povlak řezného nástroje jako první na světě. Nanocrystalline je základem pro spojovací vrstvu, která výrazně zlepšuje přilnavost mezi řezáním těla řezného nástroje a povlaku. Extrémně hladký povrch garantuje lepší odvádění třísek a zvýšení životnosti řezných nástrojů. [11]



a)

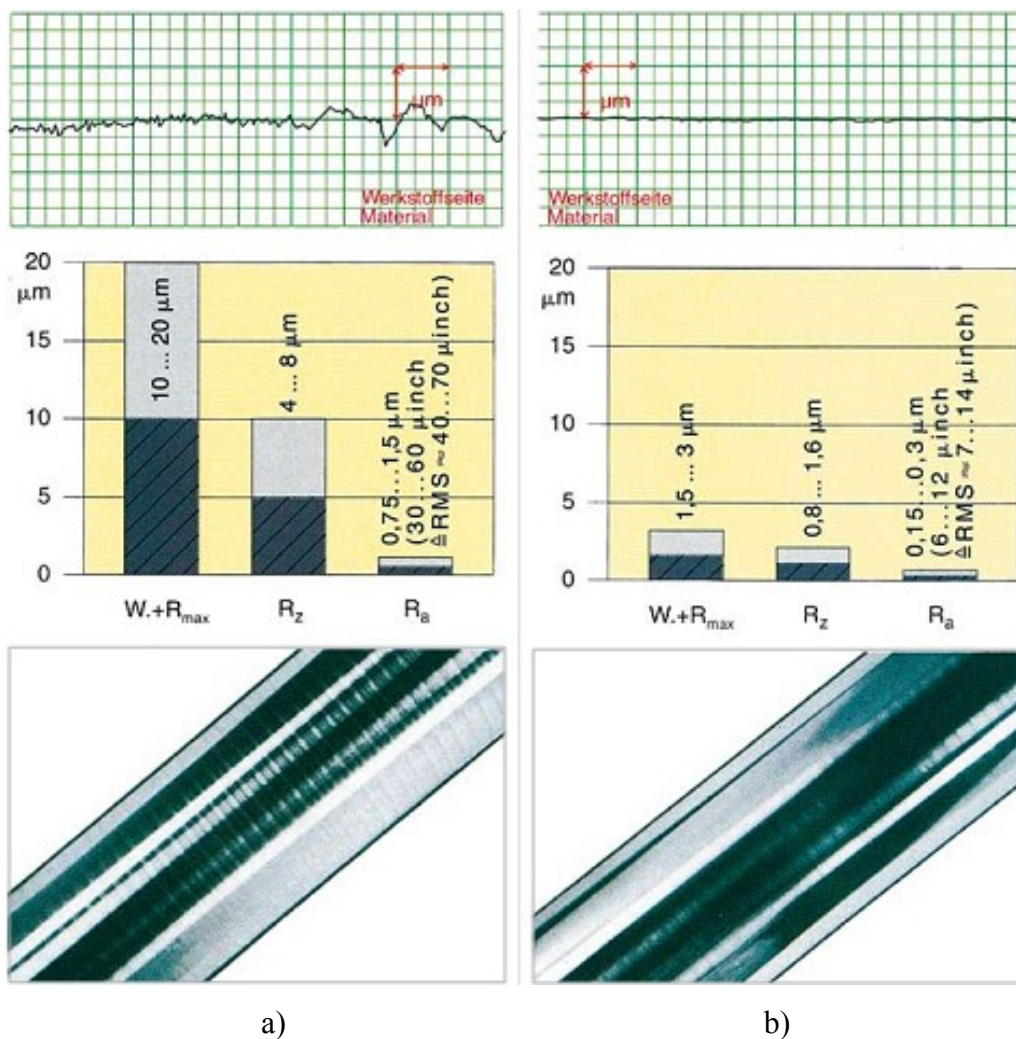


b)

Obr. č. 2 a) Nanoblack vrstva povlaku VBD LC 218E propojený s vrstvami. [12]

b) Moderní povlaky s přesně definovanými strukturami. [10]

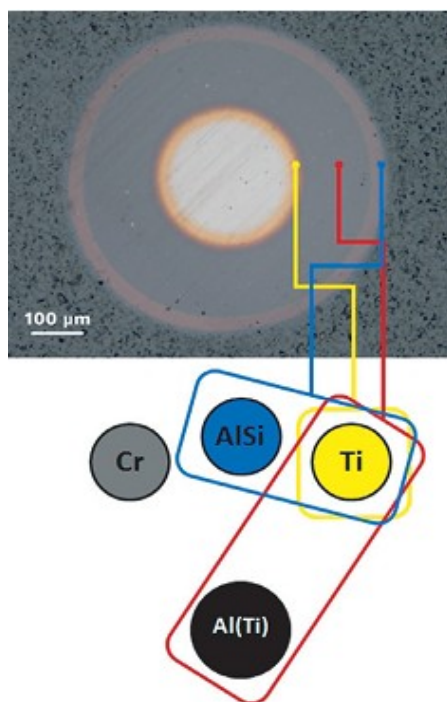
Zvýšení obsahu hliníku se zlepšila výkonnostní schopnost řezných nástrojů. V dnešní době si průmysl žádá stále účinnější povlaky řezných nástrojů pro vysokorychlostní obrábění (HSC) a pro použití vysokých pevností ocele a obtížně obrobitelných materiálů. Čím dál tím více se zvyšují nároky a požadavky na opotřebitelnost řezných nástrojů. Tohoto můžeme dosáhnout při vysokých rychlostech na špici nástroje a zejména při řezné povrchové teplotě zhruba asi 1000 °C. [11]



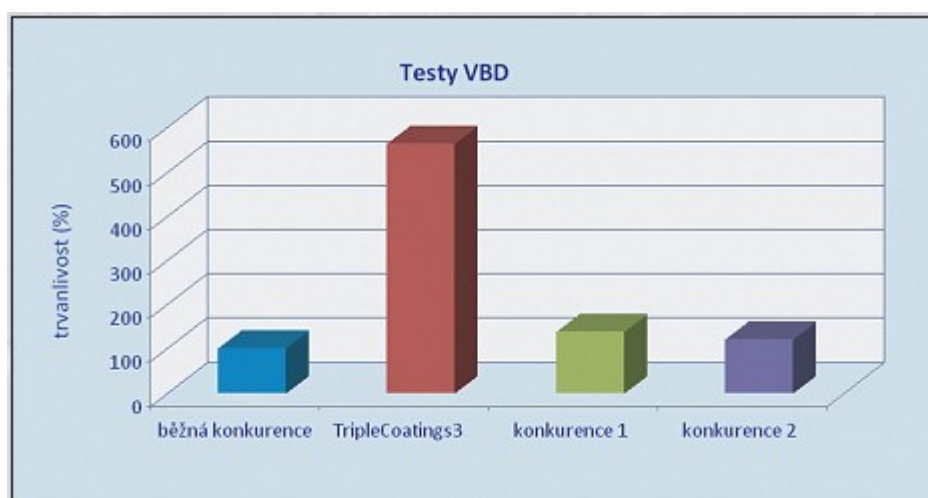
Obr. č. 3 Výsledky testů pro drsnost povrchu loupáných ocelových tyčí firmy **BOEHLERIT**:

- a) standardní loupání ocelových tyčí [12]
- b) s povlakem Nanoblack VBD LC218E [12]

Podle internetového portálu *MM Průmyslového spektra* u nás Česká firma *PRAMET TOOLS* testovala různé vlivy řezivosti povlaků na obrobek a chtěla představit nový PVD povlak pro vyměnitelné břitové destičky s obchodním označením TripleCoatings3. TripleCoatings3 je povlak TiN + AlTiN + TiAlSiN, který je znázorněn na obr. č.4. Bylo vyvinuto několik variant TripleCoatings3 s různými poměry jednotlivých prvků s různými kombinacemi. Výsledkem je vždy unikátní povlak s výrazně vyššími užitnými vlastnostmi pro požadované aplikace. Prioritou vývoje byly především testy aplikací na vyměnitelných břitových destičkách pro společnost *Pramet Tools* a na monolitních řezných nástrojích ze slinutých karbidů pro těžké obrábění, kde představuje dva výsledky, kde byl PVD povlak „ušit na míru“.[10]



Obr. č. 4 Vrstvy povlaku TripleCoatings3 TiN + AlTiN + TiAlSiN. [10]



Obr. č. 5 Výsledky testů povlaku TripleCoatings3 provedené firmou **Pramet Tools**. [10]

Na loupací lince *LANDGRAF T80*, která se nachází v *Třineckých Železárnách, a.s.*, provoz *Žihárna a Úpravna ušlechtilé oceli* byla možnost srovnat výkonnost vyměnitelných břitových destiček od firem *BOEHLERIT* a *PRAMET TOOLS* na výrobnost, trvanlivost a kvalitu loupáných ocelových tyčí. V obecném poměru trvanlivostí řezných nástrojů a drsnosti povrchu loupáných ocelových tyčí jasně vyznívala v kladném směru pro vyměnitelné břitové destičky od firmy *BOEHLERIT*. Je to dáno dlouholetým vývojem Rakouské firmy a nemalé finanční podpory na vývoj řezivosti a inovací povlaků pro všeobecné řezné nástroje.



Ekonomický přínos povlakovaných řezných nástrojů se projevuje v lepším využití obráběcích strojů a hlavně přináší ekonomickou úsporu elektrické energie díky nižšímu řeznému odporu. Je zapotřebí však zmínit, že vyšší požadovaný výkon při obrábění, přináší vyšší nároky na technologickou přípravu pro dané aplikace.

1.1 Charakteristika procesu loupání ocelových tyčí

Loupání ocelových tyčí je ekonomická metoda obrábění, která se používá k odstraňování válcovaného povrchu, povrchových deformací a výronků vytvořených při válcování na válcovacích stolicích, při válcování za tepla a při poruchách dislokací válcovaného materiálu.

Materiál je podáván z podávacích roštů v automatizovaném režimu do loupacího stroje *LANDGRAF T80*, který odstraňuje povrchové vady a obrábí materiál dle potřebných předepsaných tolerancí pro hřídel dle normy ČSN EN 20 286-1, pro následné obrábění v tolerančních polích pro hřídel h9 – h10 – h11 – h19.

Z válcovaných ocelových tyčí se odstraňuje povrchová vrstva cca 0,5 až 3 mm v závislosti na průměru tyče a požadavku zákazníka. Používají se k tomu pod řezné nástroje karbidové destičky, které jsou vloženy do nožových držáků upevněných upínkami. To vše tvoří kompletní celek otáčivé obráběcí hlavy. Při vedení do obráběcí hlavy jsou tyče vystředěny pomocí vstupních železných lunet a po obrobení loupané ocelové tyče jsou vysouvány stejným způsobem, ale pomocí výstupních mosazných lunet z důvodů měkčího materiálu, aby nedocházelo k poničení povrchu loupáných ocelových tyčí. Materiál se přesunuje pouze během loupání pomocí automatizované loupací linky.

1.2 Profil historií Žíhárny a Úpravny ušlechtilé ocele

Žíhárna a Úpravna ušlechtilé ocele byla postavena v Třineckých železárnách v roce 1961 a spadala pod provoz válcoven. V žíhárně a jejích pecích, které jsou vyhřívané koksárenským plynem se tepelně zpracovávaly ocelové kruhové tyče, ingoty a předvalky o různých profilech. V úpravně se prováděla speciální úprava ušlechtilé oceli dovážena ze střední tratě válcoven. Tato úpravna byla zprovozněna v roce 1964.

Po vyžihání v žihacích pecích se ocelové kruhové tyče, ale i čtvercové a obdélníkové profily převážely na Úpravnu ušlechtilé ocele, kde se tyto profily rovnaly na rovnacích linkách a předávaly ke třídění. Na třídících roštech se selekcí vybíral vadný materiál a odvážel na určené místo ke zpracování šrotu. Dobrý a vytříbený materiál se svazkoval a nakládal na vozy, kde byly expedované do haly Výpraven.

Úpravna ušlechtilé ocele disponovala různými stroji pro úpravu ocelových kruhových, obdélníkových a čtvercových tyčí. Pro vyrovnání žíhaného materiálu byly ocelové tyče zpracovávány pomocí rovnacích kotoučových strojů XRL 65 a 100 u kterých se měnily kotouče na různé tyčové profily. Tyto vyrovnané tyčové profily se pouštěli do dalšího technologického materiálového toku. Dále se na úpravně děrovaly důlní kolejničky excentrickým lisem LEMP 25A pro děrování důlních spojek dvou kolejnic.

Nepřehlédnutelnou součástí Žíhárny a Úpravny ušlechtilé ocele byl teď již historický loupací stroj *Farmer Norton* obr. č. 6, který dal do budoucna základy loupacího centra. V 90 letech se na loupacím stroji loupala převážně uhlíková konstrukční nelegovaná ocel vhodná k objemovému tváření za studena s označením *TRISTAL*. Vyloupaný polotovar loupáných ocelových tyčí o průměru 52,8 mm se řezal na pásových pilách *FORTE* cca 30 mm a potom se tvářením tyto kusy zpracovávaly do konečných forem brzdových válců pro automobilový průmysl.

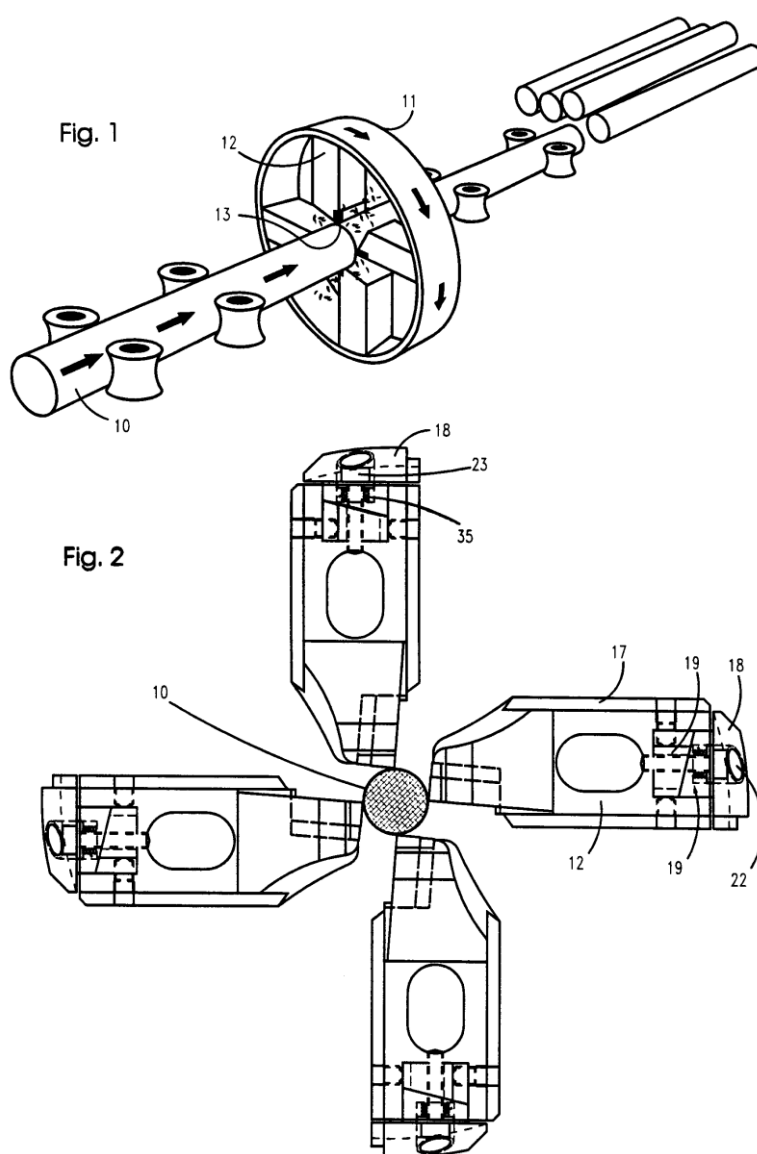


Obr. č. 6 Historický loupací stroj *Farmer Norton*.

2. POPIS STÁVAJÍCÍ TECHNOLOGIE LOUPÁNÍ TYČÍ.

2.1 Loupání ocelových kruhových tyčí

Loupání je technologický proces třískotvorného obrábění u kterého dochází k přímočarému posuvu ocelových kruhových prutů do rotující obráběcí hlavy na které jsou umístěny čtyři řezné nástroje pootočený o 90°. Tyto řezné nástroje pomocí silového působení vnikají pod povrch obrobku a odebírají z povrchu třísku.



Obr. č. 7 Technologický proces loupání. [15]

2.2 LANDGRAF T80

Patří mezi obráběcí stroje pro loupání kruhových ocelových tyčí od průměru 25 mm do průměru 79 mm, ve kterém je na ložiscích ustavena unášecí hlava poháněna výkonným elektrickým motorem, řemenicí a pásem. Do unášecí hlavy je vpravena obráběcí hlava se čtyřmi držáky a řeznými nástroji, které se seřizují kolmě vůči ose obrobku loupané kruhové tyče. Spolu tvoří jeden celek, v němž je průchozí dutina, kterou prochází loupáný materiál vyváděný mosaznými lunetami z loupacího stroje.



Obr. č. 8 LANDGRAF T80.

Pro nastavení daného průměru a žádané tolerance využíváme harmonickou převodovku, která je chlazená olejem. Harmonická převodovka je propojena s unášecí hlavou přes hřebenové řemeny. Má za úkol přenášet šroubovitý pohyb přes ozubené a šnekové ústrojí na saně držáků nožů, které se centrovaně nastavují kolmě vůči ose obrobku loupané ocelové tyče. Stavění průměru zadáváme číslicově pomocí SIDACU a to i za provozu loupací linky v závislosti na požadované toleranci daného průměru dle normy ČSN EN 20 286-1.

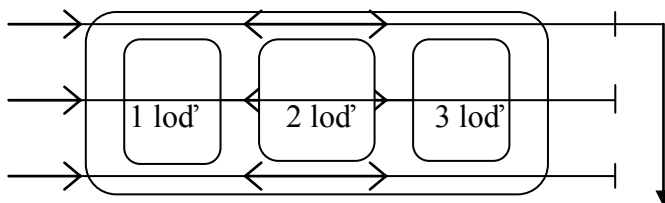
2.3 Materiálový a technologický tok pro loupací centrum

V Třineckých železárnách, a.s., je zavedena rozsáhlá vnitrozávodová komunikace jak pro automobilovou dopravu, tak pro železniční dopravu. Konkrétně materiálová doprava pro Žihárnu a Úpravnu ušlechtilé ocele se zpracovává pro loupací materiál, který je po určitém technologickém procesu a technologickém materiálovém toku vyexpedován ze závodu.

Na pracoviště Žihárna a Úpravna ušlechtilé ocele je z většího procenta cca 90% přivážený materiál pro technologický tok pomocí železniční vnitropodnikové dopravy a zbývajících 10% silniční nákladní dopravou, které jsou zastoupeny vozidly jak do 3 t, tak i pomocí nákladních a kamionových vozidel nad 3 t. Dodávaný materiál se dopravuje z válcoven jemných profilů, které vytvářejí určité tyčové ocelové profily a ty jsou zpracovávány do dalšího technologického toku.

2.3.1 Komunikační soustava dopravy pro loupací centrum

- železniční dopravu – pomocí slepých ulic →
- kamionovou dopravu – pomocí průjezdného systému →



Obr. č. 9 Komunikační soustava.



Obr. č. 10 Komunikační soustava pro železniční a kamionovou dopravu loupacího centra.

Pro tyto operace je kladen důraz na smlouvy se zákazníkem, který si určí termín dodávky objednaného materiálu. Pracovník k tomu určený naplňuje technologický tok, až po expedici z Třineckých železáren, a.s.

Na Žíhárně a Úpravně ušlechtilé ocele se budeme zabývat loupacím centrem, konkrétně pro *LANDGRAF T80* a to pro loupání ocelové tyče od průměru 25 mm do průměru 79 mm.

Dovezený materiál vnitropodnikovou železniční dopravou z válcoven se složí z vagónů pomocí mostového jeřábu, který má nosnost do 5 t. Materiál se skladuje do meziskladových boxů a tyto boxy nám slouží jako jistící sklad pro zachování shodnosti při vstupu a výstupu ze všech míst materiálového toku a to i v případě poruchy materiálového toku.

2.3.2 Technologický tok loupací linky *LANDGRAF T80*

Vyrovnaný válcovaný materiál určený pro loupání ocelových tyčí se přímo naváží mostovým jeřábem (nosnost 5 t) z rovnací linky a nebo z úložných boxů, které slouží jako mezisklady na rošt loupacího stroje *LANDGRAF T80*. Přehled dokumentací o materiálu je naveden do vnitropodnikového síťového systému, kde si operátor loupací linky zjistí na počítači patřičnou smlouvu a jeho technologické zpracování. Zjistí-li operátor požadované hodnoty, které vedou k opracování ocelové válcované tyče, zadá potřebné parametry do počítače a může přejít k loupání. Určený pracovník přistoupí k navážecímu roštu, rozstřihne svazek válcovaných tyčí. Válcovaná kulatina se rozkoulí a je připravena k podání na přisunový dopravník loupacího stroje *LANDGRAF T80*.



Obr. č. 11 Navážecí rošt loupací linky *LANDGRAF T80*.



3. CHARAKTERISTIKA OCELE 38MnVS6 EN 10267.

3.1 Vlastností ocele 38MnVS6

- feriticko-perlitická ocel 38MnVS6,
- pevnost v tahu 850 až 1000 MPa,
- chromované plochy mají při zkoušce Vickerse více jak 900 HV,
- mají velice dobrou odolnost proti abrazi,
- mají vynikající pevnost [MPa],
- dobré proti-oxidační vlastností (koroze).

Tab. č. 1 Chemické složení loupáné ocele 38MnVS6.

C	Mn	Si	Cu	Cr	Ni	Mo	W	V	Ti	Co	As
0,398%	1,47%	0,551%	0,03%	0,18%	0,04%	0,013%	0,01%	0,101%	0,0231%	0,003%	0,002%

Tab. č. 2 Mechanické vlastností loupáné ocele 38MnVS6.

Pevnost v tahu R_m [MPa]	Mez v kluzu R_e [MPa]	Tažnost A_5 [%]	Tvrdość Brinel HB
850 – 1000	580	14	250 – 300

Tab. č. 3 Specifikace pro tepelné zpracování ocele 38MnVS6.

Tvrdość žhání HBS	Tvrdość studená tažnosť HBS	Přehřev teplota [°C]	Kalcí teplota [°C]		Doba držení [min]	Kalcí médium	Teplota Temper [°C]	Tvrdość popouštění \geq HRC
			solná lázeň	řízená atmosféra				
235	262	788	1191	1204	5 – 15	chlazení vzduchem	522	60



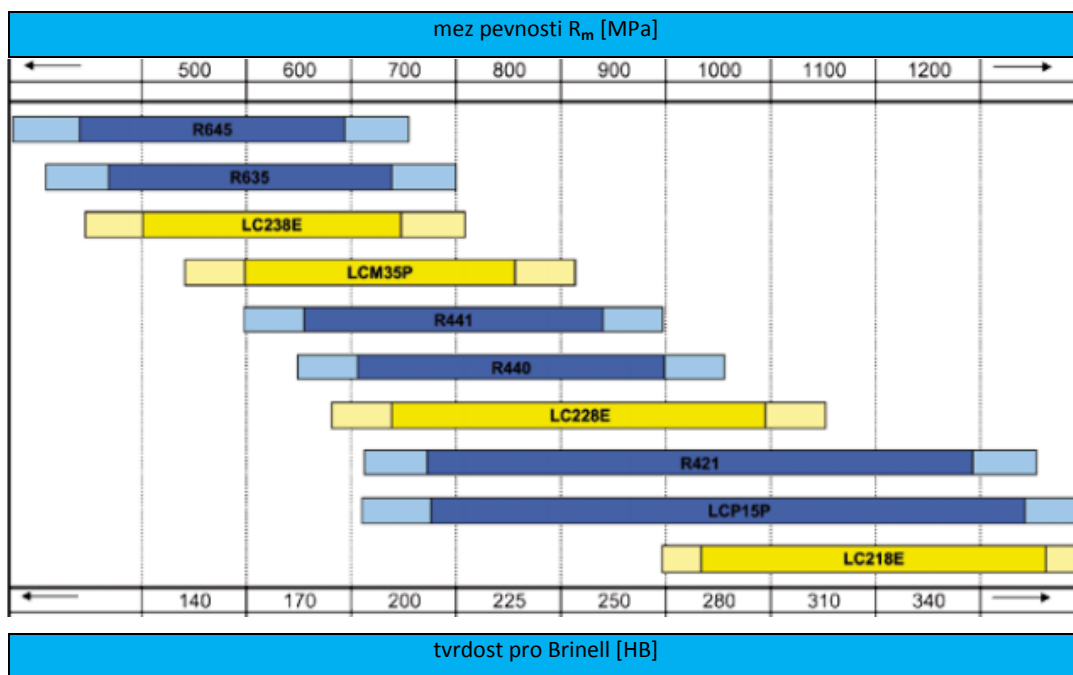
3.1.1 Využití ocele 38MnVS6 pro výrobu součástí

Ocel 38MnVS6 je nelegovaná ušlechtilá ocel, která má široké využití v různých průmyslových odvětvích. Největší využití je v automobilovém a strojírenském průmyslu.

Jsou z ní vyráběny součástky pro automobilové komponenty jako je např. systém přímého vysokotlakého vstřikování nafty s tlakovým zásobníkem u vznětových motorů Common rail, torzní tyče, rotační ložiska, čepy náprav, pístové hlavy, hydraulické a pneumatické válce středně až vysoce namáhané u zdvihacích zařízeních, např. vysokozdvizných vozíků, u obráběcích strojů, kompresorů, mechanické nářadí, pístnice pro stroje na zemní práce vystavené extrémním podmínkám, např. úderem kamene.

3.2 Trvanlivost řezného nástroje při loupání ocelových tyčí

Trvanlivost řezného nástroje u loupání ocelových tyčí můžeme specifikovat jako dobu trvání řezného procesu, po kterou je schopný řezný nástroj obrábět. Životnost nástroje můžeme označit jako trvanlivost za jeho dobu života. Trvanlivost vyměnitelných břitových destiček se ukončí tehdy, když destičky nejsou schopny plnit požadovanou funkci obrábění. Měla by se zajistit požadovaná jakost obráběné plochy, toleranční a rozměrové přesnosti. Operátor obráběcího stroje by správně měl poznat, kdy vyměnitelné břitové destičky jsou opotřebované. V praxi se většinou jako ukazatel provozuschopnosti destičky projevuje na kvalitě obrobených povrchů. Trvanlivost řezných nástrojů záleží na obráběném loupaném materiálu, který nám vykazuje mez pevnosti R_m [MPa], křivost loupaných ocelových tyčí nebo skrytých vakancí či dislokací.



Obr. č. 12 Doporučená oblast mezi pevnosti R_m [MPa] a tvrdosti HB pro VBD. [12]

Tab. č. 4 Velikost korekčního činitele v závislosti na trvanlivosti řezných nástrojů.

Trvanlivost nástroje [min]	10	15	20	25	30	45	60
Korekční čítel k_{VT}	1,11	1	0,93	0,88	0,84	0,75	0,70

Doporučená řezná rychlost pro VBD LCP 15P, pro trvanlivost bříty $T = 60$ min

$$v_{c60} = v_c \cdot k_{VT}$$

$$v_{c60} = 21 \cdot 0,70$$

$$v_{c60} = 14,7 \text{ [m/min]}$$

Doporučená řezná rychlost pro VBD LC 218E, pro trvanlivost bříty $T = 45$ min

$$v_{c45} = v_c \cdot k_{VT}$$

$$v_{c45} = 10 \cdot 0,75$$

$$v_{c45} = 7,5 \text{ [m/min]}$$



3.3 Řezné nástroje ze slinutých karbidů

Jsou to materiály vyráběné práškovou metalurgií z karbidů těžkých kovů:

- karbidu wolframu – WC,
- karbidu titanu – TiC,
- karbidu tantalu – TaC,
- pojivem je převážně kobalt – Co.

Zvyšováním obsahu kobaltu u slinutých karbidů roste jejich pevnost a houževnatost, ale současně klesá jejich tvrdost. Po konečném slinování lze slinuté karbidy tvarově a rozměrově upravovat jen broušením, elektroerozivním obráběním a lapováním. Tepelná odolnost SK je 800°–1000° C. Jsou vyvíjeny stále nové druhy slinutých karbidů s větší otěruvzdorností a houževnatostí. Pro třískové obrábění se slinuté karbidy zhotovují ve formě řezných vyměnitelných destiček různého tvaru a velikosti v souvislosti se způsobem obrábění. Destičky je možné k držákům soustružnických nožů připevnit pájením, především však jsou připevňovány mechanickým způsobem – pomocí upínek, šroubů apod. To umožňuje několikeré otočení destičky při otupení konkrétní řezného břitu. [18]

Norma ČSN ISO 513 specifikuje použití slinutých karbidů do jednotlivých skupin:

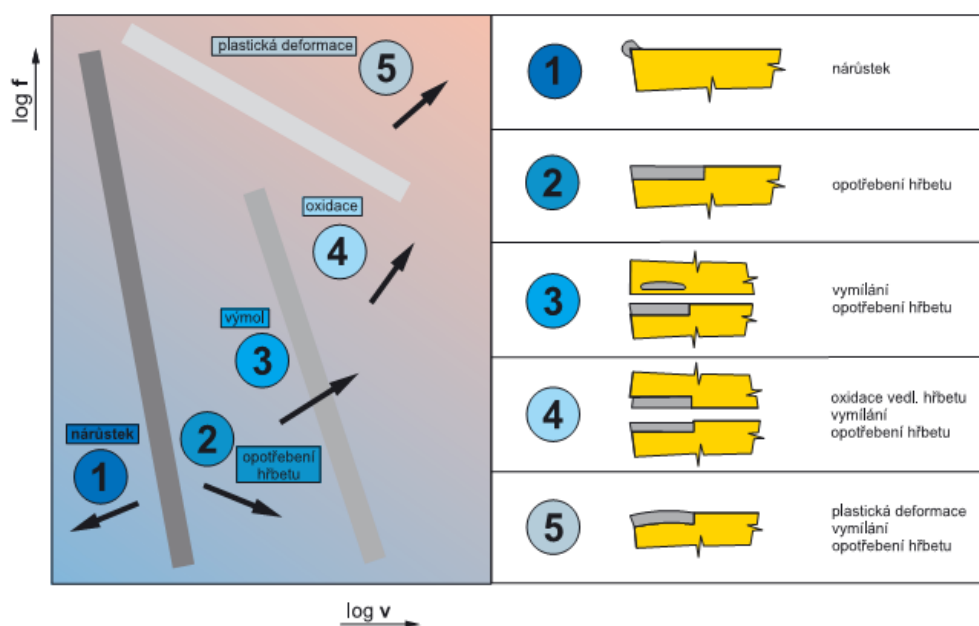
- Skupina **P** (značena modrou barvou) – pro obrábění železných kovů s dlouhou třískou,
- Skupina **M** (značena žlutou barvou) – pro obrábění železných kovů s dlouhou nebo krátkou třískou a obrábění neželezných kovů,
- Skupina **K** (značena červenou barvou) – pro obrábění železných kovů s krátkou třískou, neželezných kovů a nekovových materiálů,
- Skupina **N** (značena zelenou barvou) – pro obrábění neželezných slitin na bázi hliníku, hořčíku nebo mědi, obrábění plastů, kompozitu,
- Skupina **S** (značena hnědou barvou) – pro obrábění slitin titanu a žárovevých slitin na bázi niklu, kobaltu nebo železa,
- Skupina **H** (značena šedou barvou) – pro obrábění zušlechťených a kalených ocelí a obrábění tvrzených litin. [8]



Obr. č. 13 Barevné značení SK skupin.[8]

3.4 Typy opotřebení vyměnitelných břitových destiček

Při třískotvorném obrábění se vyskytují několik typů opotřebení, které neprobíhají ve stejné intenzitě. Podle daných podmínek dosahuje obvykle jeden druh opotřebení vyšší intenzity v porovnání s druhými a stává se rozhodujícím pro otupení nástroje a tím se limituje trvanlivost vyměnitelné břitové destičky. Pro danou dvojici nástroj – obrobek, převládá typ opotřebení břitu, který je závislý na určených operátorem řezných podmínkách, především na řezné rychlosti v_c [m/min] a posuvu na otáčku f [mm]. [14]

Obr. č. 14 Závislost převládajícího typu opotřebení řezné rychlosti v_c a posuvu f_n . [14]

Při nižších parametrech řezné rychlosti v_c a posuvu f_n , se vytvářejí na břitech nárůstky. Typem tohoto opotřebení je způsobeno abrazí při obrábění tvrdších materiálů. S rostoucí řeznou rychlostí a posuvem roste řezná teplota u které vzniká typ opotřebení na vyměnitelné břitové destičce za sebou – nejprve ploška opotřebení na hřbetě, pak výmol na čele a na konec oxidace vedlejšího hřbetu v blízkosti špičky. Při vyšších parametrech posuvu a řezné rychlosti nám vzniká plastická deformace břitu, která nám vyústí při překročení určitých řezných podmínek. [14]



Mimo uvedených typů opotřebení, které se vyskytují a probíhají do značné míry zákonitě, dochází u vyměnitelných břitových destiček ze slinutého karbidu velmi často k mechanickému porušení břitu buď ve formě vydrolení ostří, nebo lomu části břitu, případně celé vyměnitelné břitové destičky. Tyto druhy otupení nástrojů vznikají zvláště při silném mechanickém namáhání břitu (tj. rázech při přerušovaném řezu nebo jako důsledek předchozího narušení břitu teplotními rázy).

Ke křehkému porušení ostří dochází také často, jestliže se v obráběném materiálu vyskytují tvrdé vměstky (písek a pod.). Mechanické poškození břitu je druhem otupení, ke kterému dochází náhodně. Může se vyskytnout na začátku řezu u ostrého nástroje, stejně jako u nástroje s určitým stupněm opotřebení. Proti mechanickému poškození jsou odolnější druhy se substráty slinutých karbidů s vysokým obsahem kobaltu, který zvyšuje jejich houževnatost.[14]

3.5 Vznikající mechanismy opotřebení [14]

Z hlediska fyzikální podstaty je výsledkem opotřebení břitu nástroje při otěru, u kterého vzniká celá řada jevů zahrnujících chemické a mechanické děje. Tyto chemické a mechanické děje probíhají na břitu nástroje na styčných plochách s obráběným materiálem a navzájem se často prolínají a překrývají. [14]

Mechanismus opotřebení nástroje je charakterizován dvěma typy jevů:

- mechanické jevy,
- chemické jevy.

Při mechanickém typu opotřebení dochází k porušení povrchu a čela účinkem odcházející třísky a materiálu obrobku v ploše řezu, aniž by se změnilo chemické složení těchto povrchových vrstev slinutého karbidu.

Při chemickém typu opotřebení se nejprve ve větší či menší míře mění chemické složení povrchové vrstvy nástrojového materiálu v místě styku tříska-čelo, resp. hřbet plocha řezu. Touto změnou se obvykle zhoršují mechanické vlastnosti povrchových vrstev nástrojového materiálu a tím i jejich odolnost proti opotřebení otěrem. V jiných případech dochází k přímému difuznímu rozpouštění strukturních složek slinutého karbidu.



Intenzita mechanických typů opotřebení závisí na teplotě, kterou ovlivňuje poměr tvrdostí nástrojového materiálu a obráběného materiálu, za takových to podmínek, které vznikají ve styku, a fyzikálně chemické opotřebení, které je závislé především na teplotě styku a na vzájemné chemické aktivitě obou materiálů prakticky bez ohledu na poměr tvrdostí. [14]

Typy dějů vznikající při opotřebení břitu rozdělujeme: [14]

❖ Mechanické opotřebení

- abraze
- adheze

❖ Chemické opotřebení

- difuze
- oxidace

Abrazivní opotřebení - je mechanickým typem opotřebení. Mikroskopické, velmi tvrdé součásti odřezávají materiál nástroje podobně jako brusná zrna při broušení. Tento typ opotřebení závisí na celkové dráze nástroje vzhledem k obrobku, na tvaru, velikosti a četnosti výskytu abrazivních částic a jejich tvrdosti.

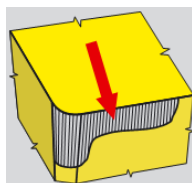
Adhezní opotřebení - jedná se o otěr účinkem adheze (tvorby mikrosvarů) mezi čistými kovovými povrchy slinutého karbidu a obráběného materiálu, které přicházejí navzájem do styku na hřbetě i na čele.

Oxidační opotřebení - při vyšších řezných rychlostech reagují některé součásti slinutého karbidu buď se vzduchem z okolní atmosféry nebo s řeznou kapalinou nahrazující vzdušné prostředí a nebo konečně i s obráběným materiálem.

Difuzní opotřebení - atomy, nástrojového materiálu a materiálu obrobku navzájem difundují a vytvářejí jednak tuhé roztoky a jednak chemické sloučeniny, jejichž vlastnosti jsou odlišné od vlastností výchozího materiálu nástroje. [14]

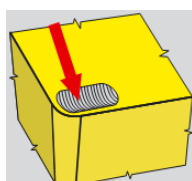
3.6 Nežádoucí typy vyměnitelných břitových destiček [14]

Na jednotlivých obrázcích obr. č. 15 až 23, jsou příklady mechanických a chemických poškození, které působí na vyměnitelné břitové destičky.



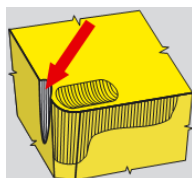
Obr. č. 15

Opotřebení hřbetu je z hlavních kritérií charakterizujících trvanlivost VBD. Vzniká v důsledku působení mechanismů opotřebení na nástroj. Jeho velikost lze pouze snížit.



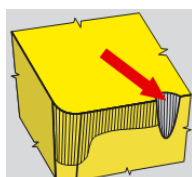
Obr. č. 16

Výmol na čele charakteristické opotřebení, které se nejvýrazněji projevuje u VBD s rovným čelem, jeho výskyt není však omezen pouze na tento typ destiček.



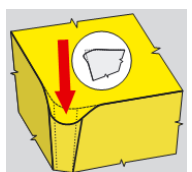
Obr. č. 17

Oxidační rýha na vedlejším břitu je jedním významným kritériem limitujících životnost VBD. Oxidační rýha s výmolem na čele se jednoznačně projeví na zvýšení drsnosti povrchu obrobku.



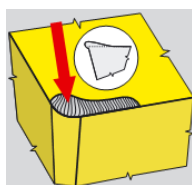
Obr. č. 18

Vrubové opotřebení na hl. hřbetu vzniká v oblasti styku břitu nástroje s povrchem obrobku. Příčina je převážně zpevněním povrchových vrstev obrobku s otřepy. Tento typ opotřebení se vyskytuje zejména u nerezavějících austenitických ocelí.



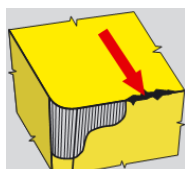
Obr. č. 19

Plastická deformace špičky důvodem tohoto typu opotřebení je přetížení břitu v důsledku vysokých řezných rychlostí a posuvů.



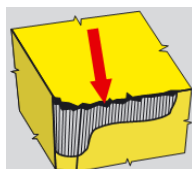
Obr. č. 20

Tvorba nárůstků jedná se o nalepování obráběného materiálu na břit nástroje. Nárůstek má charakter mikronávaru na břitu. Při jeho odtrhávání může dojít k porušení břitu nástroje.



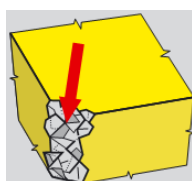
Obr. č. 21

Přerušování řezné hrany jeho příčinou je nevhodné utváření třísky, která při svém odchodu naráží na břit a ten mechanicky poškozuje.



Obr. č. 22

Křehké porušení řezné hrany ve většině případů se vyskytuje v kombinaci s jiným typem opotřebení, je samostatně obtížně identifikovatelné.



Obr. č. 23

Destrukce břitu příčiny tohoto jevu mohou být různé a jsou závislé na materiálu nástroje i materiálu obrobku, stavu a zejm. tuhosti soustavy stroj-nástroj-obrobek, vliv má i velikost a typ opotřebení a záběrové podmínky. [14]



4. RACIONALIZACE TECHNOLOGIE LOUPÁNÍ OCELOVÝCH TYČÍ

4.1 Tuhost soustavy loupací linky LANDGRAF T80

Technologie loupání ocelových tyčí spadá pod třískové obrábění, které bychom mohli zařadit mezi polohrubovací, ale i dokončovací práce. Zakládá se na odborných zkušenostech operátorů loupací linky *LANDGRAF T80*, které jsou vyhodnocovány dlouholetou praxí. Nastavení řezných parametrů vychází ze soustavy „**stroj – nástroj – obrobek**“, pro velice důležitou a hlavně nepřehlédnutelnou tuhost obráběcího stroje *LANDGRAF T80*. Na loupací lince při dlouhodobém provozu se vyskytují problémy v základech, kde dochází vlivem velkých otřesů k uvolnění převodové skříně s řemenicí a také vykazuje značné konstrukční vůle pro ustavení ložisek, které při vyšších řezných otáčkách začíná přecházet do rezonančních kmitů. Tím se tato negativní vlastnost přenáší na obráběcí hlavu, ve které jsou ustaveny držáky pro řezné nástroje. Mezi loupanou ocelovou tyčí a řeznými nástroji v podobě vyměnitelných břitových destiček vzniká určitý tlak, který závisí na mechanických vlastnostech loupáných ocelových prutů.

Přehled mechanických a chemických vlastností by měl operátor loupací linky vyčíst z podnikové databáze, která je dodávána při smlouvě pro zákazníky. Důležitou složkou pro operátora loupací linky *LANDGRAF T80* je mez pevnosti v oceli R_m [MPa], u které se operátor rozhoduje pro volbu řezných parametrů, druhu řezných nástrojů v podobě destiček, ale i pro karbidové podložky pod vyměnitelné břitové destičky. Karbidové podložky mají za úkol dostat vyměnitelnou břitovou destičku do správné geometrie. Úhel čela a hřbetu destiček měníme výškovým nastavením pomocí karbidových podložek, čímž nastavíme vyměnitelné břitové destičky buď nad osu soustružení, tím se zvětší jeho úhel čela, zatímco úhel hřbetu se nám o úhel řezu zmenší. Dáme-li pod vyměnitelnou břitovou destičku nižší karbidovou destičku, dostaneme destičku k ose nebo pod osu soustružení a tím nám dochází k obráceným změnám. Geometrie řezných úhlů destiček má značný vliv na kvalitu obrobené plochy a hlavně na výkon vyměnitelných břitových destiček.

Ustavíme-li pod vyměnitelné břitové destičky správné karbidové podložky, můžeme tím vším eliminovat rezonanci loupacího stroje *LANDGRAF T80* po výměně nových destiček, které by se nemuseli při obrábění zajiždět.

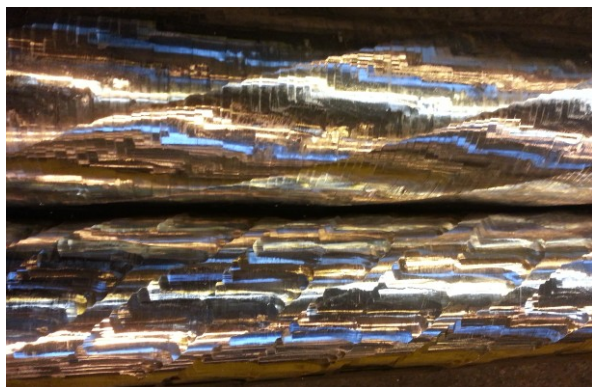


4.2 Optimalizace otáček pro loupací linku LANDGRAF T80

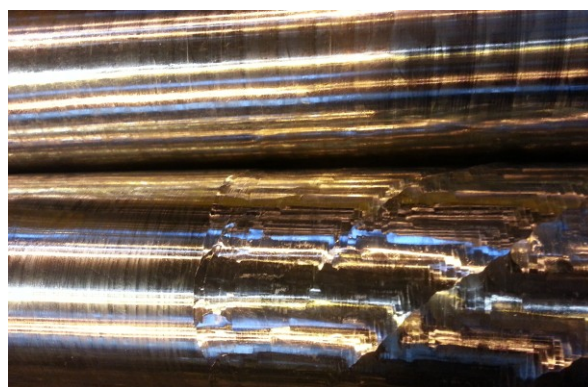
Jak již bylo zmíněno v předchozím odstavci řezné parametry pro *LANDGRAF T80*, konkrétně otáčky si navolí operátor v závislosti na tuhosti soustavy stroje. Je to důležitý řezný parametr vycházející ze zkušeností a experimentování při loupání ocelových tyčí operátora, který musí počítat s vysokou vibrací obráběcího stroje. Otáčky jsou navoleny pro loupanou kruhovou tyčovou ocel *38MnVS6*, mezi pevnosti R_m 730 [MPa] a průměrem 70 mm. Operátor loupací linky *LANDGRAF T80*, musí vždy vycházet v poměru výrobního výkonu loupáných ocelových tyčí k poměru výkonu opotřebení vyměnitelných břitových destiček.

Pro vyměnitelné břitové destičky *LCP 15P* s karbidovými položkami 5 mm byly optimalizované otáčky **n 550 [min⁻¹]** pro loupání ocelových tyčí *38MnVS6* o průměru 70 mm. Při zvýšených řezných otáčkách nám obráběcí loupací stroj začal rezonovat a vznikala nevyhovující výroba loupáných ocelových tyčí jak je vidět na (obr. č. 24a). Při snížení řezných otáček se nám výkon loupacího stroje začal snižovat, u vyměnitelných břitových destiček se začal po 35 minutách vytvářet lom v půli VBD, (obr. č. 26).

Pro vyměnitelné břitové destičky *LC 218E* s karbidovými položkami 5,5 mm byly optimalizované otáčky **n 500 [min⁻¹]** pro loupání ocelových tyčí *38MnVS6* o průměru 70 mm. U těchto vyměnitelných břitových destiček se musela změnit i geometrie nožů v podobě karbidových podložek z důvodů nadměrné vibrace obráběcího loupacího stroje *LANDGRAF T80*. Při zvýšených otáčkách se nám u vyměnitelných břitových destiček začala po 25 minutách vytvářet silná abraze. Při snížených otáčkách se nám výkon loupacího stroje začal snižovat a drsnost povrchu loupáných ocelových tyčí byl nevyhovující.



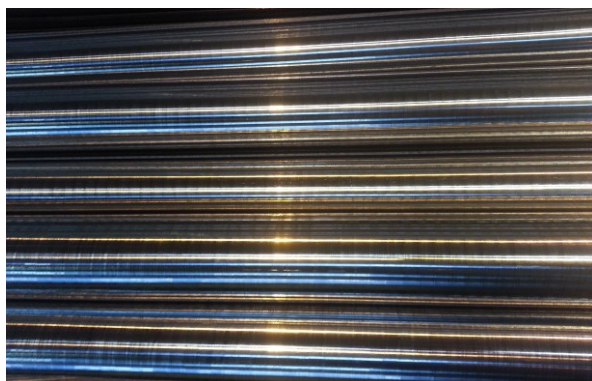
a)



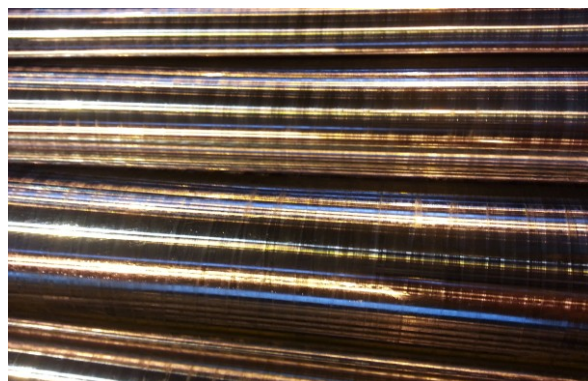
b)

Obr. č. 24 Neshodná výroba loupaných ocelových tyčí 38MnVS6:

- a) Nevhodně navolené vyšší otáčky n [min^{-1}]
- b) Lom VBD při nízkých otáčkách n [min^{-1}]



a)



b)

Obr. č. 25 Optimalizované otáčky pro výrobu loupaných ocelových tyčí 38MnVS6:

- a) Pro VBD LCP 15P otáčky 550 [min^{-1}]
- b) Pro VBD LC 218E otáčky 500 [min^{-1}]



Obr. č. 26 Lom vyměnitelnou břitovou destičkou při nízkých otáčkách.



4.3 Řezné parametry doporučené výrobcem pro destičku *LCP 15P*

Řezné parametry u nelegované ušlechtilé oceli pro vyměnitelnou břitovou destičku *LNGF 2010 BML – M1 LCP15P* s rozsahem tvrdosti oceli pro Brinell od 200 – 350 HB, firma *BOEHLERIT* doporučuje:

Tab. č. 5 Doporučený rozsah tvrdosti [HB] ocele pro loupání tyčí na VBD *LCP 15P*.

Pracovní oblast tvrdosti oceli pro Brinell [HB]									
←	140	170	200	225	250	280	310	340	→
			LCP 15P						

Průměr loupáné tyče: $\phi 70 - \phi 68$ [mm]

Hloubka třísky a_p : 2 [mm]

Řezná rychlost v_c : 100 – 150 [m/min]

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi D}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 100}{\pi 70}$$

$$n = 154,7 [\text{min}^{-1}]$$

➤ n otáčky [min⁻¹],

➤ v_c řezná rychlost [m/min],

➤ D průměr loupáné tyče [mm].



4.4 Řezné parametry doporučené výrobcem pro destičku LC 218E

Řezné parametry u nelegované ušlechtilé oceli pro vyměnitelnou břitovou destičku *LNGF 2010 BML – H1 LC218E* firma *BOEHLERIT* s rozsahem tvrdosti oceli pro Brinell od 250 – 350 HB, firma *BOEHLERIT* doporučuje:

Tab. č. 6 Doporučený rozsah tvrdosti [HB] ocele pro loupání tyčí na VBD LC 218E.

Pracovní oblast tvrdosti ocele pro Brinell [HB]									
←	140	170	200	225	250	280	310	340	→
					LC 218E				

Průměr loupané tyče: $\phi 70 - \phi 68$ [mm]
 Hloubka třísky a_p : 2 [mm]
 Řezná rychlost v_c : 90 – 150 [m/min]



$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi D}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 90}{\pi 70}$$

$$n = 409,3 [\text{min}^{-1}]$$

- n otáčky [min⁻¹],
- v_c řezná rychlost [m/min],
- D průměr loupané tyče [mm].

4.5 Řezné parametry destičky LCP 15P pro loupací linku LANDGRAF T80

LNGF		Abmessungen Dimensions						Sorten Grades									
		l_n	l	B	s	a	κ	LC218E	LC228E	LC238E	LCP15P	R421	R635	LCM35P	R440	R441	R645
Bestellbezeichnung Ordering code																	
	LNGF-2010-BML-H1	20	40	20	10,2	3	25°	●			▲	●					
	* LNGF-2010-BML-S1-08											●					
	LNGF-2010-BML-M1	20	40	20	10,2	3	25°		●		▲	○					
	LNGF-2010-BML-W1	20	40	20	10,2	3	25°			●			▲				
	* LNGF-2010-BML-S2-10												●				

Obr. č. 27 Vyměnitelná břitová destička LCP 15P a její rozměry. [13]

Výpočet posuvu na otáčku f_n [mm]

$$f_n = \frac{v_c}{n}$$

$$f_n = \frac{121}{550} = 0,22 \text{ mm}$$

- f_n posuv na otáčku [mm],
- v_c řezná rychlost [m/min],
- n otáčky [min⁻¹].

Výpočet řezné rychlosti v_c [m/min]

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$$

- v_c řezná rychlost [m/min],
- D průměr loupací tyče [mm],
- n otáčky [min⁻¹].

Pro VBD LCP 15P v_c [m/min]

$$v_c = \frac{\pi \cdot 70 \cdot 550}{1000} = 21 \text{ [m/min]}$$

Hmotnost tyčí před a po loupání [kg/ks].

70 mm \Rightarrow 6 m \Rightarrow 181,2 kg/ks

68 mm \Rightarrow 6 m \Rightarrow 169,8 kg/ks

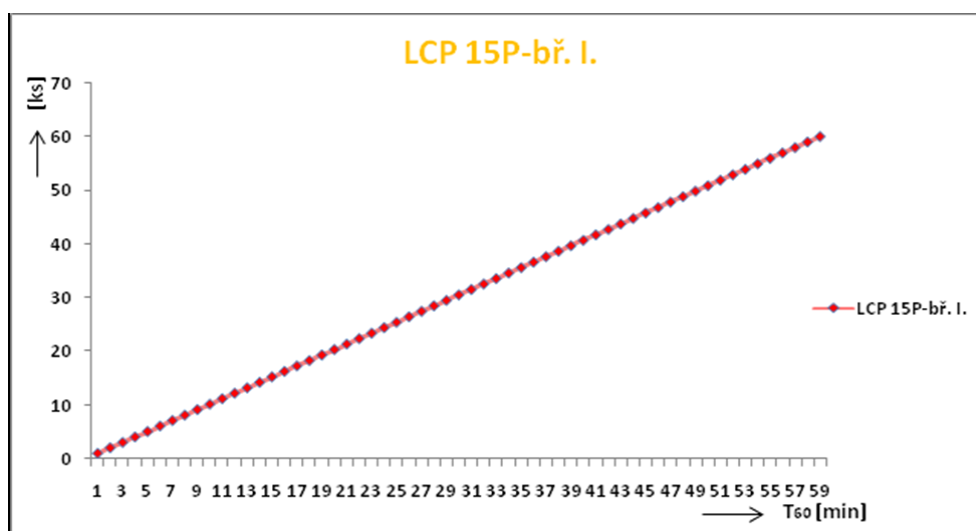
Tab. č. 7 Řezné parametry VBD LCP 15P loupané oceli 38MnVS6 trvanlivostí T 60 min.

Navržené řezné parametry pro průměr 68 mm LANDGRAF T80						
Ocel: 38MnVS6	Mez pevnosti R_m [MPa]	Řezná rychlost v_c [m·min ⁻¹]	Řezné otáčky n [min ⁻¹]	Hloubka řezu a_p [mm]	Délka loupané tyče l [m]	Čas opotřebení destičky T [min]
VBD LCP 15P	730	121	550	2	354	60
Výroba loupáných ocelových tyčí za 60 min, m [kg]		10 030				



Obr. č. 28 Opotřebení první strany břitu destičky LCP 15P po 60 minutách.

Graf č.1 nám vyznačuje míru trvanlivostí nástroje první strany břitu při 60 minutách testované vyměnitelné břitové destičky LCP 15P a loupáním obrobených 59 kusů tyčí.



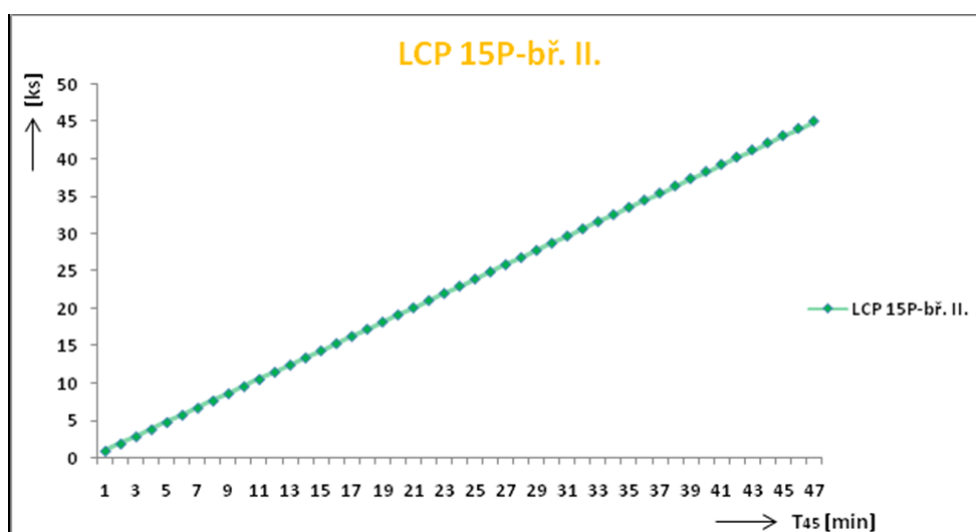
Graf č.1 Opotřebení první strany břitu v závislosti času trvanlivostí T [min] k výrobě kusů loupáných tyčí u destičky LCP 15P.

Tab. č. 8 Řezné parametry VBD LCP 15P loupané oceli 38MnVS6 trvanlivostí T 45 min.

Navržené řezné parametry pro průměr 68 mm LANDGRAF T80						
Ocel: 38MnVS6	Mez pevnosti R_m [MPa]	Řezná rychlost v_c [m·min ⁻¹]	Řezné otáčky n [min ⁻¹]	Hloubka řezu a_p [mm]	Délka loupané tyče l [m]	Čas opotřebení destičky T [min]
VBD LCP 15P	730	121	550	2	282	45
Výroba loupáných ocelových tyčí za 60 min, m [kg]		7 990				

**Obr. č. 29** Opotřebení druhé strany břitu destičky LCP 15P po 45 minutách.

Graf č.2 nám vyznačuje míru trvanlivostí nástroje druhé strany břitu při 45 minutách testované vyměnitelné břitové destičky LCP 15P a loupáním obrobených 47 kusech tyčí.

**Graf č.2** Opotřebení druhé strany břitu v závislosti času trvanlivostí T [min] k výrobě kusů loupáných tyčí u destičky LCP 15P.

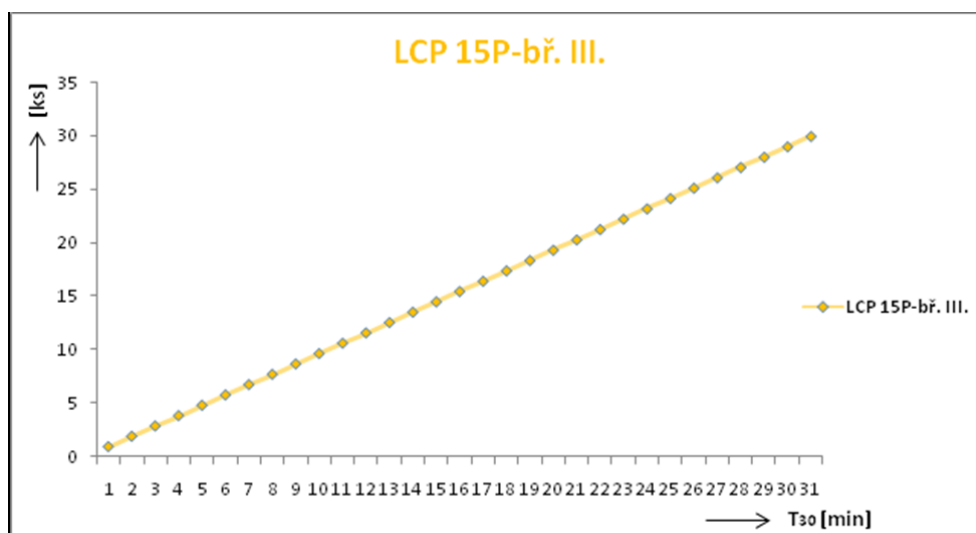
Tab. č. 9 Řezné parametry VBD LCP 15P loupané oceli 38MnVS6 trvanlivostí T 30 min.

Navržené řezné parametry pro průměr 68 mm LANDGRAF T80						
Ocel: 38MnVS6	Mez pevnosti R_m [MPa]	Řezná rychlost v_c [m·min ⁻¹]	Řezné otáčky n [min ⁻¹]	Hloubka řezu a_p [mm]	Délka loupané tyče l [m]	Čas opotřebení destičky T [min]
VBD LCP 15P	730	121	550	2	186	30
Výroba loupáných ocelových tyčí za 60 min, m [kg]		5 270				



Obr. č. 30 Opotřebení třetí strany břitu destičky LCP 15P po 30 minutách.

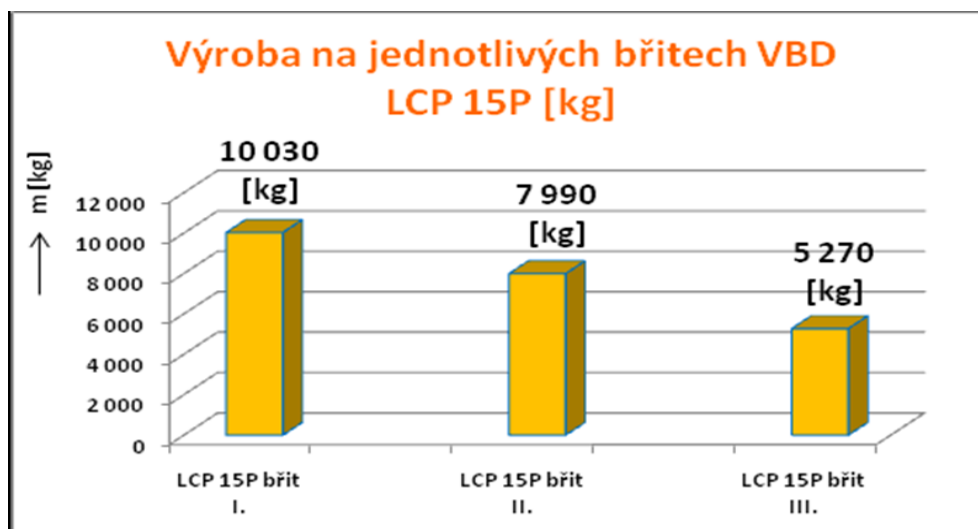
Graf č.3 nám vyznačuje míru trvanlivosti nástroje třetí strany břitu při 30 minutách testované vyměnitelné břitové destičky LCP 15P a loupáním obrobených 31 kusů tyčí.



Graf č.3 Opotřebení třetí strany břitu v závislosti času trvanlivostí T [min] k výrobě kusů loupáných tyčí u destičky LCP 15P.

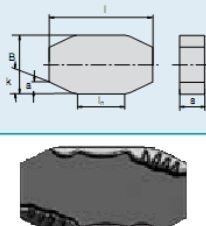


Graf č.4 nám vyznačuje srovnání výrobnosti na jednotlivých břitech I., II., III, vyměnitelné břitové destičky *LCP 15P*. Na břitu I. bylo vyloupáno 10 030 kg, na břitu II. bylo vyloupáno 7 990 kg a na břitu III. bylo vyloupáno 5 270 kg loupáných ocelových tyčí o průměru 68 mm.



Graf č.4 Srovnání výrobnosti loupáných tyčí *m [kg]* na jednotlivých břitech u *VBD LCP 15P*.

4.6 Řezné parametry destičky LC 218E pro loupací linku LANDGRAF T80

LNGF		Abmessungen Dimensions						Sorten Grades		
		l_n	l	B	s	a	κ	LC218E	LC228E	LC238E
		Bestellbezeichnung Ordering code								
LNGF-2010-BML-H1		20	40	20	10,2	3,5	25°	●		
LNGF-2010-BML-M1		20	40	20	10,2	3,5	25°		●	
LNGF-2010-BML-W1		20	40	20	10,2	3,5	25°			●

Obr. č. 31 Vyměnitelná břitová destička LC 218E a její rozměry.[13]

Výpočet posuvu na otáčku f_n [mm]

$$f_n = \frac{v_c}{n}$$

$$f_n = \frac{110}{500} = 0,22 \text{ mm}$$

- f_n posuv na otáčku [mm],
- v_c řezná rychlost [m/min],
- n otáčky [min^{-1}].

Výpočet řezné rychlosti v_c [m/min]

$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$$

- v_c řezná rychlost [m/min],
- D průměr loupací tyče [mm],
- n otáčky [min^{-1}].

Pro VBD BOEHLERIT LC 218E v_c [m/min]

$$v_c = \frac{\pi \cdot 70 \cdot 500}{1000} = 10 \text{ [m/min]}$$

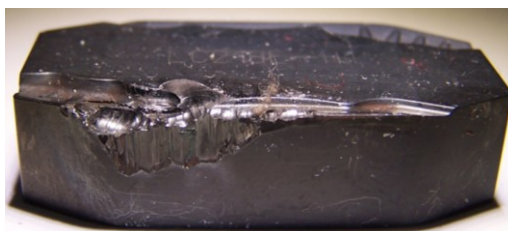
Hmotnost tyčí před a po loupání [kg/ks].

70 mm \Rightarrow 6 m \Rightarrow 181,2 kg/ks

68 mm \Rightarrow 6 m \Rightarrow 169,8 kg/ks

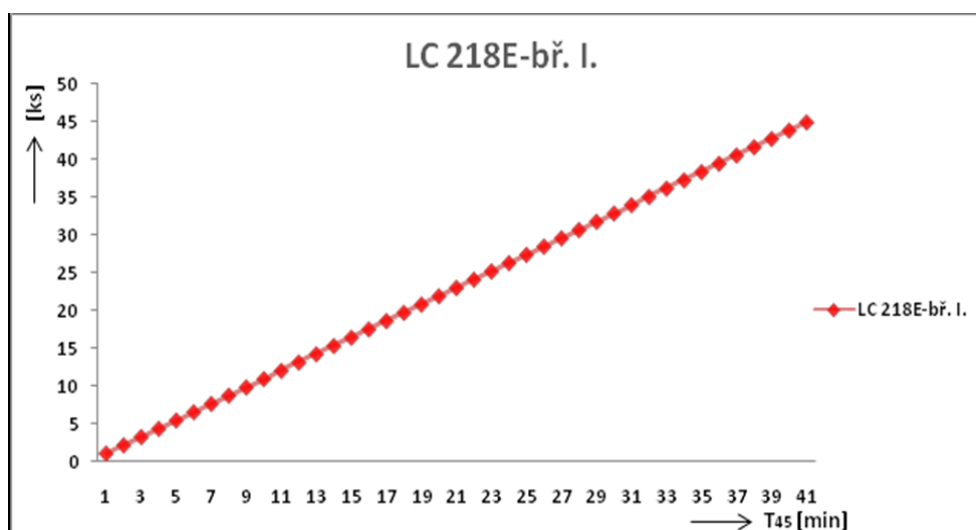
Tab. č. 10 Řezné parametry VBD LC 218E loupané oceli 38MnVS6 trvanlivostí T 45 min.

Řezné parametry pro průměr 68 mm LANDGRAF T80						
Ocel: 38MnVS6	Mez pevnosti R_m [MPa]	Řezná rychlost v_c [m·min ⁻¹]	Řezné otáčky n [min ⁻¹]	Hloubka řezu a_p [mm]	Délka loupané tyče l [m]	Čas opotřebení destičky T [min]
VBD LC 218E	730	110	500	2	246	45
Výroba loupáných ocelových tyčí za 45 min, m [kg]		6 970				



Obr. č. 32 Opotřebení první strany břitu destičky LC 218E po 45 minutách.

Graf č.5 nám vyznačuje míru trvanlivostí nástroje první strany břitu při 45 minutách testované vyměnitelné břitové destičky LC 218E a loupáním obrobených 41 kusů tyčí.



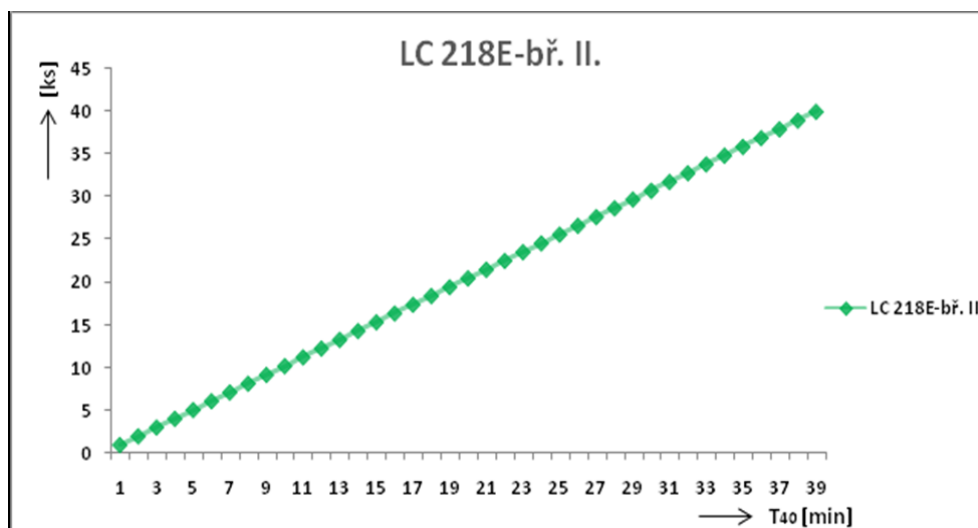
Graf č.5 Opotřebení první strany břitu v závislosti času trvanlivostí T [min] k výrobě kusů loupáných tyčí u destičky LC 218E.

Tab. č. 11 Řezné parametry VBD LC 218E loupané oceli 38MnVS6 trvanlivostí T 40 min.

Navržené řezné parametry pro průměr 68 mm LANDGRAF T80						
Ocel: 38MnVS6	Mez pevnosti R_m [MPa]	Řezná rychlost v_c [m·min ⁻¹]	Řezné otáčky n [min ⁻¹]	Hloubka řezu a_p [mm]	Délka loupané tyče l [m]	Čas opotřebení destičky T [min]
VBD LC 218E	730	110	500	2	234	40
Výroba loupáných ocelových tyčí za 40 min, m [kg]		6 630				

**Obr. č. 33** Opotřebení druhé strany břitu destičky LC 218E po 40 minutách.

Graf č.6 nám vyznačuje míru trvanlivosti nástroje druhé strany břitu při 40 minutách testované vyměnitelné břitové destičky LC 218E a loupáním obrobených 39 kusů tyčí.

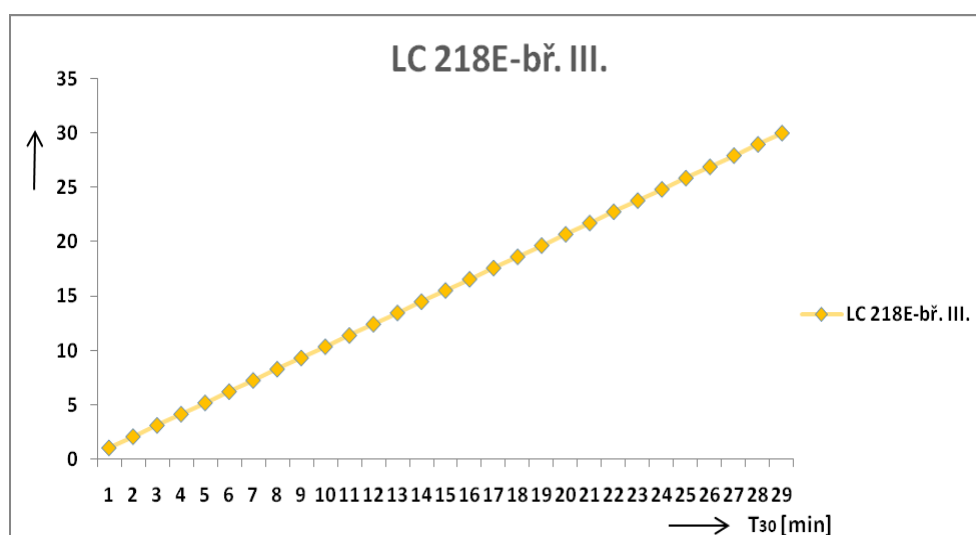
**Graf č.6** Opotřebení druhé strany břitu v závislosti času trvanlivostí T [min] k výrobě kusů loupáných tyčí u destičky LC 218E.

Tab. č. 12 Řezné parametry VBD LC 218E loupané oceli 38MnVS6 trvanlivostí T 30 min.

Navržené řezné parametry pro průměr 68 mm LANDGRAF T80						
Ocel: 38MnVS6	Mez pevnosti R_m [MPa]	Řezná rychlost v_c [m·min ⁻¹]	Řezné otáčky n [min ⁻¹]	Hloubka řezu a_p [mm]	Délka loupání tyče l [m]	Čas opotřebení destičky T [min]
VBD LC 218E	730	110	500	2	174	30
Výroba loupáných ocelových tyčí za 30 min, m [kg]		4 930				

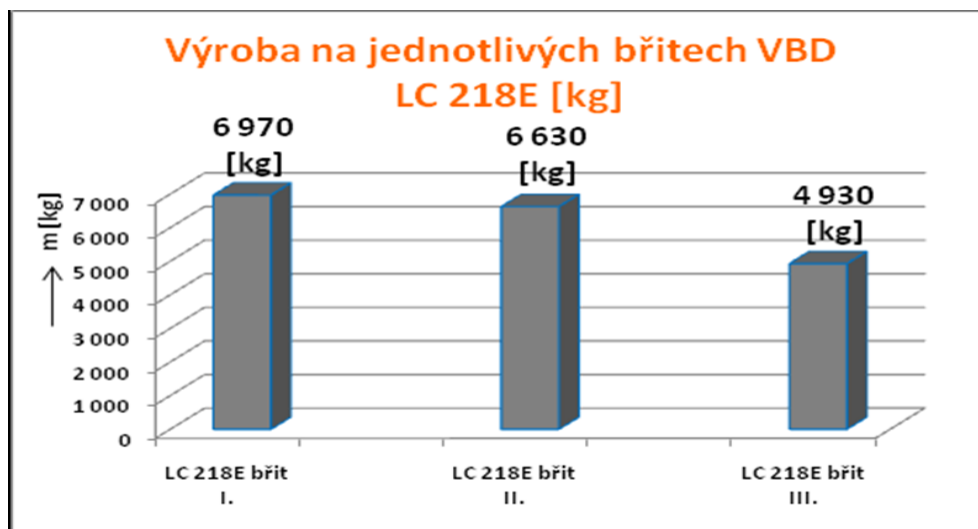
**Obr. č. 34** Opotřebení třetí strany břitu destičky LC 218E po 30 minutách.

Graf č.7 nám vyznačuje míru trvanlivosti nástroje třetí strany břitu při 30 minutách testované vyměnitelné břitové destičky LC 218E a loupáním obrobených 29 kusů tyčí.

**Graf č.7** Opotřebení třetí strany břitu v závislosti času trvanlivostí T [min] k výrobě kusů loupáných tyčí u destičky LC 218E.



Graf č.8 nám vyznačuje srovnání výrobnosti na jednotlivých břitech vyměnitelné břitové destičky LC 218E. Na břitu I. bylo oloupáno 6 970 kg, na břitu II. bylo oloupáno 6 630 kg a na břitu III. bylo oloupáno 4 930 kg loupáných ocelových tyčí o průměru 68 mm.



Graf č.8 Srovnání výrobnosti loupáných tyčí m [kg] na jednotlivých břitech u VBD LC 218E.



5. ZHODNOCENÍ A SHRUTÍ PŘÍNOSU PRO VÝROBU.

Pro přínos výroby byli využité dva typy vyměnitelných břitových destiček od firmy *BOEHLERIT*. Tyto destičky mají velmi dobré mechanické vlastnosti pro výrobu loupáných ocelových tyčí, které byly v praxi použité na loupanou ocel *38MnVS6* s mezi pevnosti v tahu oceli R_m 730 MPa. Byla posuzována ekonomická výrobnost loupané oceli při trvanlivosti vyměnitelných břitových destiček *LCP 15P* a *LC 218E*. Při obrábění loupané oceli byli využity tři břity ze čtyř na jedné destičce. Čtvrtý břit destičky pro výrobu loupáných ocelových tyčí je nerentabilní z důvodu vysokého procenta lomu VBD. Optimalizovali se otáčky n [min^{-1}], které byli jako výchozí řezný parametr pro řeznou rychlost v_c [m/min], stanovenou ze vztahu:

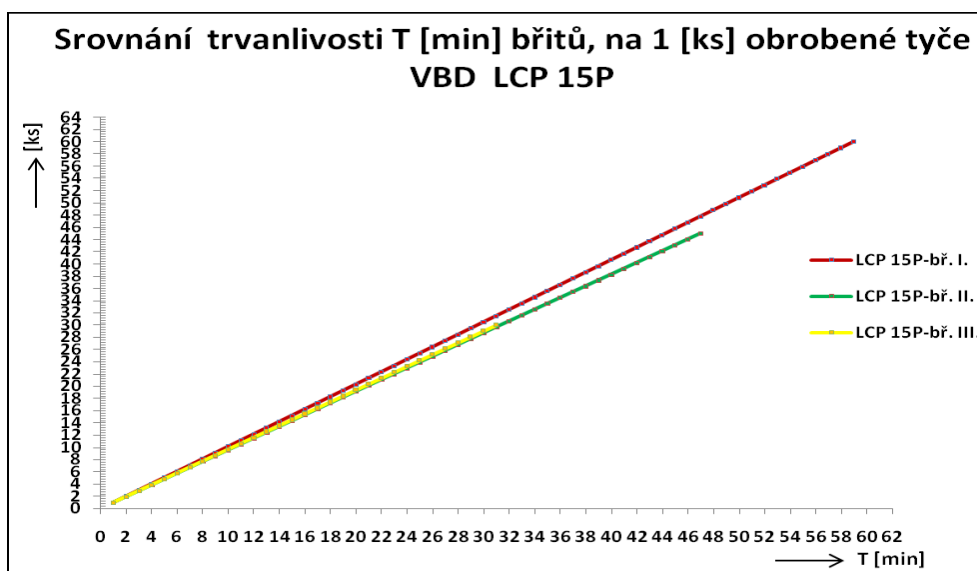
$$v_c = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} \text{ [m/min]}$$

5.1 Pro vyměnitelné břitové destičky LCP 15P

Tab. č. 13 Zhodnocení výroby pro VBD *LCP 15P*

Řezné otáčky n [min^{-1}]	550
Řezná rychlost v_c [m/min]	121
Trvanlivost první strany břitu T [min]	60
Trvanlivost druhé strany břitu T [min]	45
Trvanlivost třetí strany břitu T [min]	30
Celková trvanlivost VBD [min]	135
Výrobnost VBD loupané oceli m [kg]	23 290

Z Grafu č.9 je vidět znázornění trvanlivostí jednotlivých břitů na jedné vyměnitelné břitové destičce *LCP 15P*. Nejvýkonnější jsou nové vyměnitelné břitové destičky s novými břity, které dosahují trvanlivostí až 60 minut při obrábění loupáných ocelových tyčí. U druhé a třetí strany vyměnitelné břitové destičky se snižuje životnost břitů zhruba po 15 minutách trvanlivosti při obrábění loupané oceli *38MnVS6* o průměru 68 mm. Celková trvanlivost při loupání ocelových tyčí vyměnitelných břitových destiček je 135 minut. Je to dáno mechanismy opotřebení, které jsou charakterizovány pro mechanické a chemické jevy.



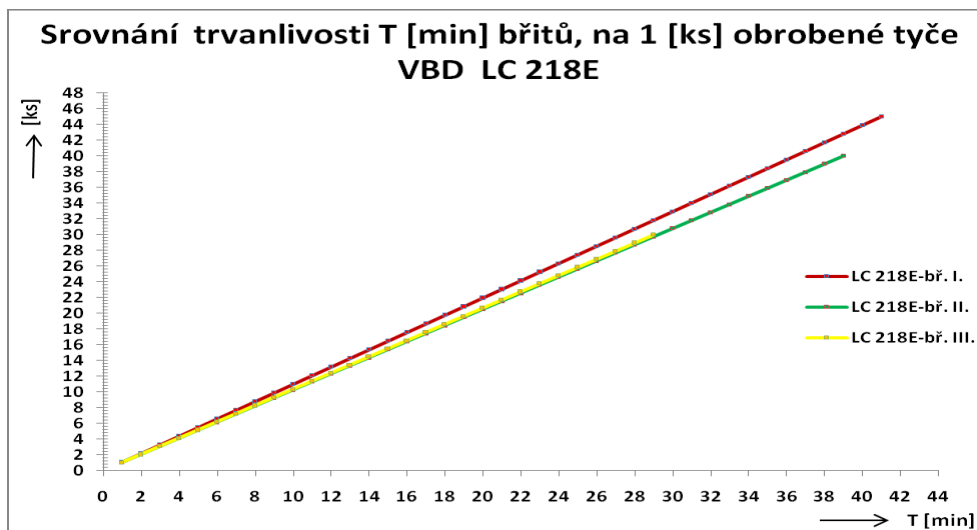
Graf č.9 Porovnání trvanlivostí třech stran břitů u VBD LCP 15P.

5.2 Pro vyměnitelné břitové destičky LC 218E

Tab. č. 14 Zhodnocení výroby pro VBD LC 218E

Řezné otáčky n [min^{-1}]	500
Řezná rychlost v_c [m/min]	110
Trvanlivost první strany břitu T [min]	45
Trvanlivost druhé strany břitu T [min]	40
Trvanlivost třetí strany břitu T [min]	30
Celková trvanlivost VBD [min]	115
Výrobnost VBD loupané oceli [kg]	18 530

Z Grafu č.10 je vidět znázornění trvanlivostí jednotlivých břitů na jedné vyměnitelné břitové destičce LC 218E. Nejvýkonnější jsou nové vyměnitelné břitové destičky s novými břitů, které dosahují trvanlivostí až 45 minut při obrábění loupaných ocelových tyčí. U druhé strany břitu je dosažená trvanlivost řezných nástrojů 40 minut loupání a třetí strany vyměnitelných břitových destiček dosahují trvanlivostí 30 minut při obrábění loupané oceli 38MnVS6 o průměru 68 mm. Celková trvanlivost při loupání ocelových tyčí vyměnitelných břitových destiček je 115 minut. Mechanické a chemické jevy se na vyměnitelné břitové destičky LC 218E podepisují větší měrou obrobiteľností než je tomu u vyměnitelných břitových destiček LCP 15P.

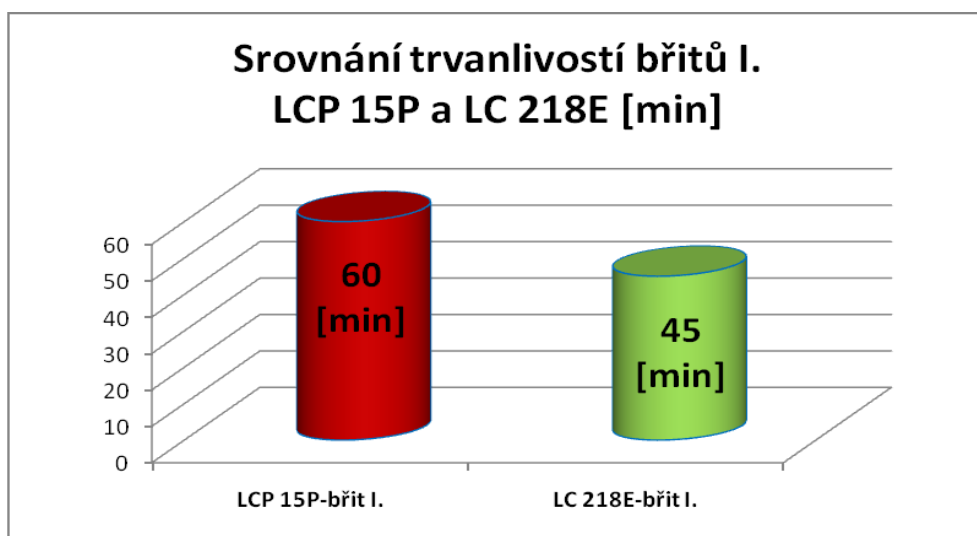


Graf č.10 Porovnání trvanlivostí třech stran břitů u VBD LC 218E.

5.3 Porovnání dvou typů VBD LCP 15P a LC 218E

Pro loupání ocelových tyčí 38MnVS6 o průměru 68 mm, na loupací lince LANDGRAF T80, byla postupně srovnávána trvanlivost T [min] a výroba m [kg], jednotlivých břitů u vyměnitelných břitových destiček mezi LCP 15P a LC 218E.

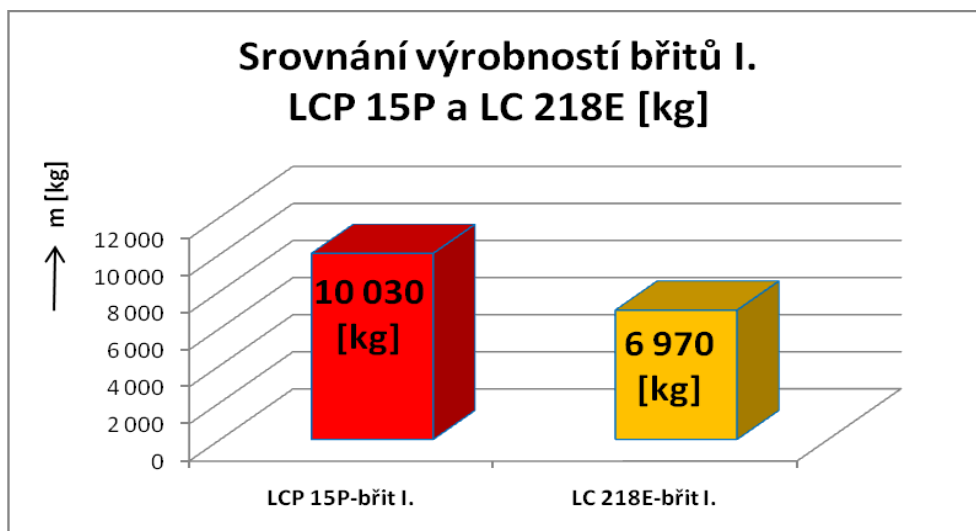
Na Grafu č.11 je vidět srovnání trvanlivostí destiček LCP 15P a LC 218E na prvních břitech. Pro obrábění loupáných ocelových tyčí 38MnVS6, má vyšší trvanlivost T [min] vyměnitelná břitová destička LCP 15P, když při obrábění byla její trvanlivost na prvním břitu 60 minut. U vyměnitelné břitové destičky LC 218E byla trvanlivost na prvním břitu 45 minut.



Graf č.11 Trvanlivost T [min] břitů I. u VBD LCP 15P a LC 218E.

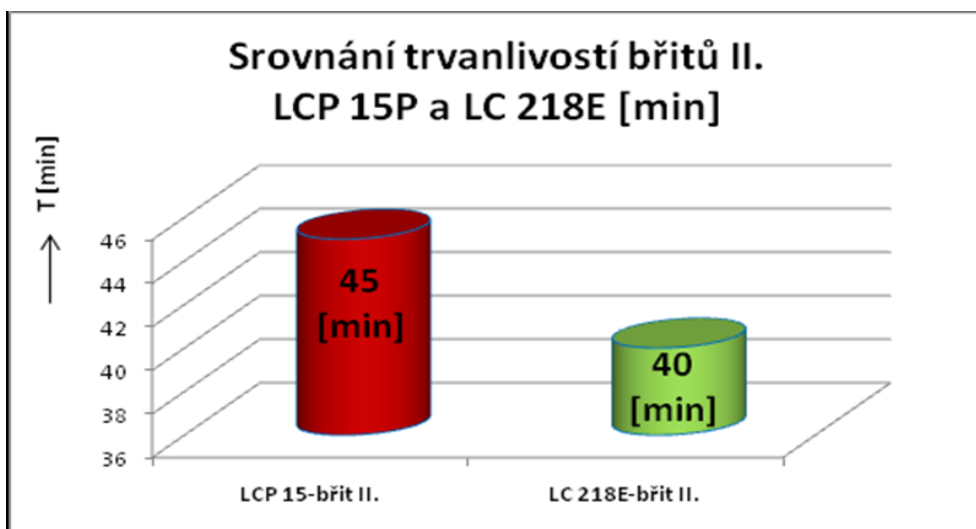


Na Grafu č.12 je srovnávaná výrobnost [kg] loupaných ocelových tyčí 38MnVS6 o průměru 68 mm na prvních břitech mezi VBD LCP 15P a LC 218E. Výrobnost na destičce LCP 15P je 10 030 kg, oproti destičce LC 218E, kde se při její výrobě obrobí 6 970 kg loupaných ocelových tyčí.



Graf č.12 Výroba loupané ocel m [kg] na břitech I. u VBD LCP 15P a LC 218P.

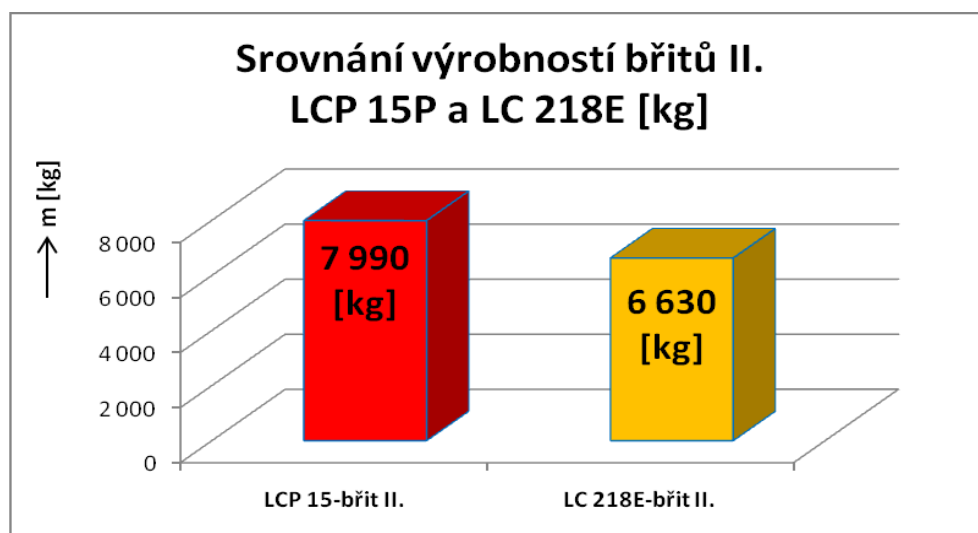
Na Grafu č.13 je vidět srovnání trvanlivostí destiček LCP 15P a LC 218E na druhých břitech. Pro obrábění loupaných ocelových tyčí 38MnVS6, má vyšší trvanlivost T [min] vyměnitelná břitová destička LCP 15P, když při obrábění byla její trvanlivost na druhém břitu 45 minut. U vyměnitelné břitové destičky LC 218E byla trvanlivost na druhém břitu 40 minut.



Graf č.13 Trvanlivost T [min] břitů II. u VBD LCP 15P a LC 218E.

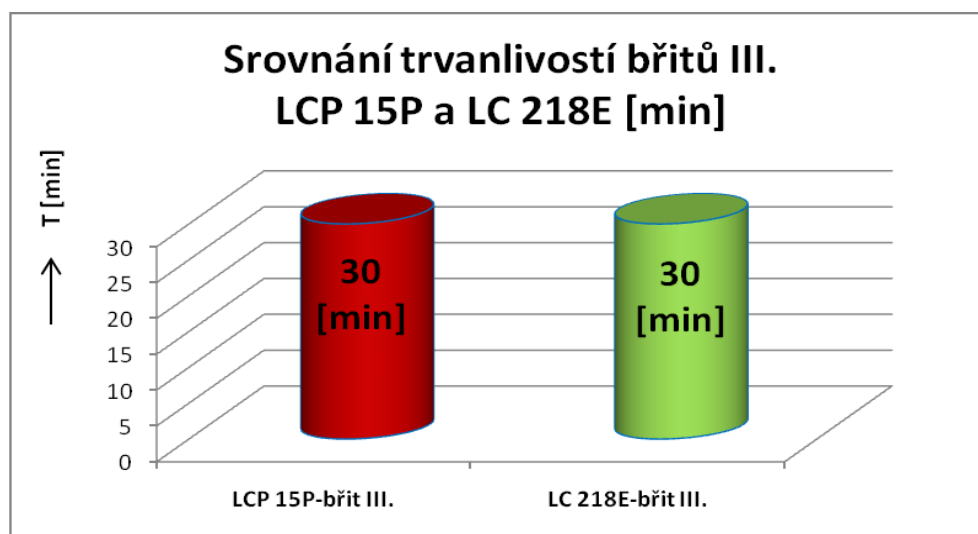


Na Grafu č.14 je srovnávaná výrobnost [kg] loupaných ocelových tyčí 38MnVS6 o průměru 68 mm na druhých břitech mezi VBD LCP 15P a LC 218E. Výrobnost na destičce LCP 15P je 7 990 kg, oproti destičce LC 218E, kde se při její výrobě obrobí 6 630 kg loupaných ocelových tyčí.



Graf č.14 Výroba loupané ocel m [kg] na břitech II. u VBD LCP 15P a LC 218P.

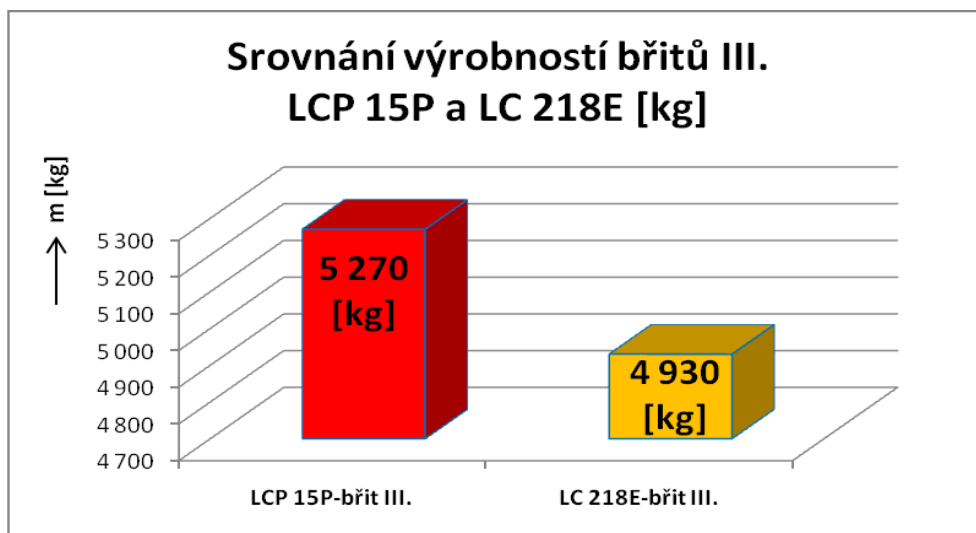
Na Grafu č.15 je vidět srovnání trvanlivostí destiček LCP 15P a LC 218E na třetích břitech. Pro obrábění loupaných ocelových tyčí 38MnVS6, mají shodnou trvanlivost T [min] obě vyměnitelné břitové destičky LCP 15P a LC218E, když při obrábění byla trvanlivost obou destiček na třetím břitu shodná 30 minut.



Graf č.15 Trvanlivost T [min] břitů III. u VBD LCP 15P a LC 218E.

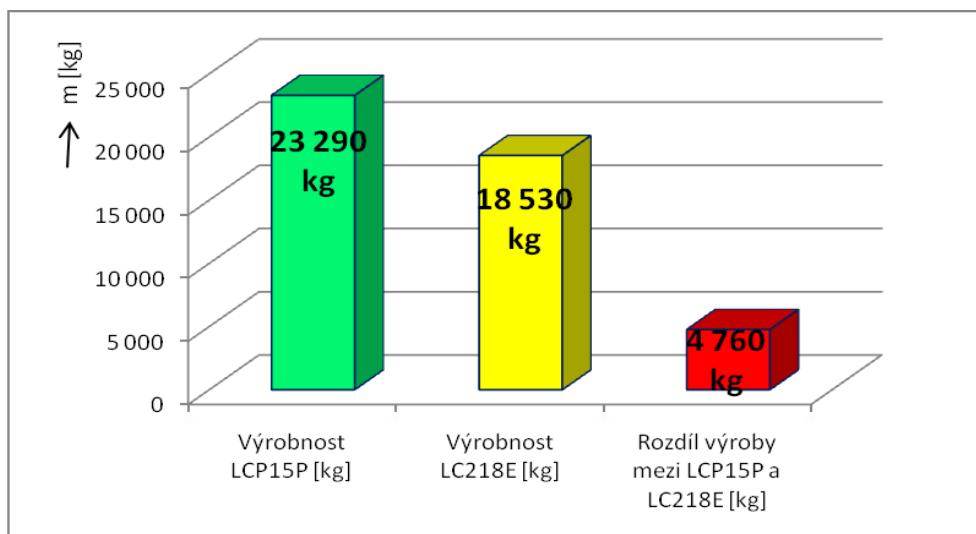


Na Grafu č.16 je srovnávána výrobnost [kg] loupaných ocelových tyčí 38MnVS6 o průměru 68 mm na třetích břitech mezi VBD *LCP 15P* a *LC 218E*. Výrobnost na destičce *LCP 15P* je 5 270 kg oproti destičce *LC 218E*, kde se při její výrobě obrobí 4 930 kg loupaných ocelových tyčí.



Graf č.16 Výroba loupané ocel m [kg] na břitech III. u VBD *LCP 15P* a *LC 218P*.

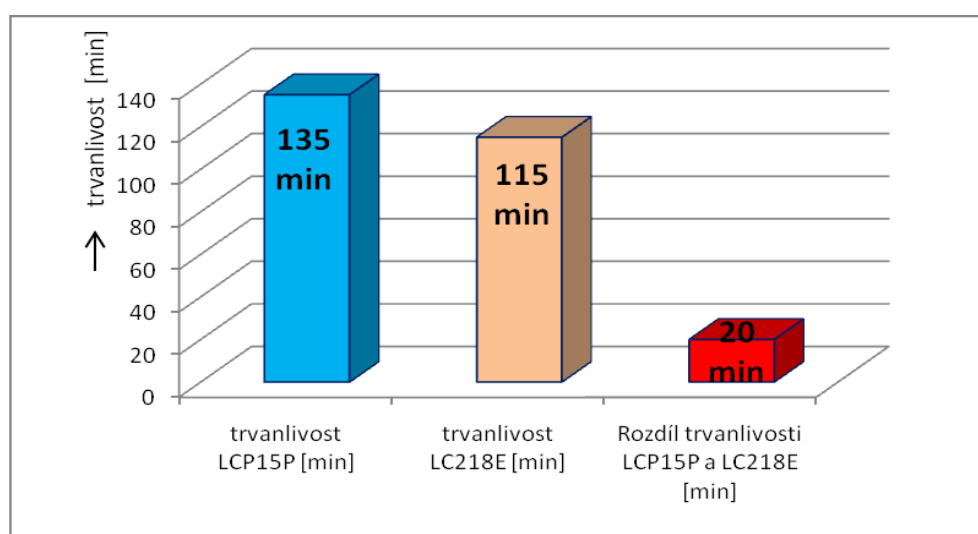
Zhodnocení rozdílu výrobností dvou typů vyměnitelných břitových destiček od firmy *BOEHLERIT*, *LCP 15P* a *LC 218E* z Grafu č.17 vidíme, že pro ekonomickou stránku je zhodnocena destička *LCP 15P* pro loupanou ocel 38MnVS6 o průměru 68 mm výhodněji pro výrobu na loupací lince *LANDGRAF T80*, oproti destičce *LC 218E* na které je výrobnost destičky nižší zhruba o 4 760 kg do výměny nových řezných nástrojů.



Graf č.17 Rozdíl výrobnosti VBD *LCP 15P* a *LC 218E*.



Z Grafu č.18 je vidět rozdíl v trvanlivosti vyměnitelných břitových destiček *LCP 15P* a *LC 218E* na loupané ocelové tyči *38MnVS6* o průměru 68 mm, kde vyměnitelná břitová destička *LCP 15P* má vyšší trvanlivost při obrábění loupané oceli zhruba o 20 minut strojního času, než je tomu u vyměnitelné břitové destičky *LC 218E*. V dnešní době se snaží provozy ušetřit na nákladech řezných nástrojů, kdy se jedná o nemalé peníze u loupacích center. Na loupací lince je nutností optimalizovat a zkracovat časové prostoje při četných výměnách vyměnitelných břitových destiček a proto v porovnání trvanlivostí dvou typů destiček je výhodné z ekonomických důvodů volit vyměnitelnou břitovou destičku *LNGF 2010 BML – MI LCP 15P*.



Graf č.18 Rozdíl trvanlivostí pro VBD *LCP 15P* a *LC218E*.



ZÁVĚR

Diplomová práce se zakládá na praktické racionalizaci technologií obrábění loupáných ocelových tyčí pro feriticko – perlitickou ocel *38MnVS6* o průměru 68 mm. Cílem bylo stanovit řezné parametry, které vycházeli nejen z tuhosti loupacího stroje *LANDGRAF T80*. Hlavní snahou bylo dosáhnout shodné výroby loupáných ocelových tyčí a optimalizovat otáčky pro danou ocel, od kterých byli stanoveny řezné rychlosti pro trvanlivost vyměnitelných břitových destiček *LCP 15P* a *LC 218E*. Pro destičku *LCP 15P* byly stanoveny otáčky $n\ 550\ [\text{min}^{-1}]$ a dopočítaná řezná rychlost $v_c\ 121\ [\text{m/min}]$. Pro destičku *LC 218E* byli stanoveny otáčky $n\ 500\ [\text{min}^{-1}]$ a dopočítaná řezná rychlost $v_c\ 110\ [\text{m/min}]$. Otáčky byly prakticky optimalizované a vyhodnocené za chodu loupací linky *LANDGRAF T80* pro loupanou tyčovou ocel s mezi pevnosti $R_m\ 730\ [\text{MPa}]$.

Byly porovnány řezné nástroje firmy *BOEHLERIT* a vybrány konkrétní typy vyměnitelných břitových destiček pro technologickou výrobu loupáných ocelových tyčí na loupací lince *LANDGRAF T80*. Na výrobu loupáných ocelových tyčí byli vybrány vyměnitelné břitové destičky, které splňovali řezné parametry pro stanovenou loupanou ocel *38MnVS6* v rozsahu mezi pevnosti v tahu ocele $R_m\ 730\ \text{MPa}$. Tuto podmínku splnily již hodně praxí využívané v loupacím centru Žihárna a Úpravna ušlechtilé ocele a zdárně odzkoušené z vynikajícími výsledky, dva typy vyměnitelných břitových destiček od firmy *BOEHLERIT*. První uvažovaná destička s typovým označením *LNGF 2010 BML – MI LCP 15P* nabízí loupání ocelových tyčí v rozsahu mezi pevnosti v tahu oceli $R_m\ 620 – 1300\ [\text{MPa}]$, tvrdosti pro Brinell 200 – 350 HB a druhá uvažovaná destička s typovým označením *LNGF 2010 BML – HI LC 218E* nabízí loupání ocelových tyčí v rozsahu mezi pevnosti v tahu oceli $R_m\ 900 – 1300\ [\text{MPa}]$, tvrdosti pro Brinell 250 – 350 HB. Oba typy vyměnitelných břitových destiček mají různé druhy povlaků s technologií PVD. Destička *LCP 15P* má povlak s názvem K-alpha (zlatý povlak) a destička *LC 218E* je povlakovaná technologií Nanoblack (černý povlak).

Pro zhodnocení trvanlivostí břitů a výrobností obou typů vyměnitelných břitových destiček od firmy *BOEHLERIT LCP 15P* a *LC 218E* vycházela po všech stránkách lépe vyměnitelná břitová destička s typovým označením *LNGF 2010 BML – MI LCP 15P*. Při výrobnosti loupáných ocelových tyčí obrobily destičky *LCP 15P* 23 290 [kg] a trvanlivostí vyměnitelných břitových destiček na všech třech břitech při 135 minutách. Při výrobnosti loupáných ocelových tyčí obrobily destičky *LC 218E* 18 530 [kg] a trvanlivostí



vyměnitelných břitových destiček na všech třech břitech při 115 minutách. Rozdíl výroby loupaných tyčí je 4 760 [kg] a 20 minut ušetřeného strojního času. Čtvrté strany břitů vyměnitelných břitových destiček se stávají nerentabilní z důvodů vyššího procenta lomu destiček, u kterých by vznikaly neshodné výroby loupaných ocelových tyčí.

Pro ekonomicko-technické zhodnocení výroby a trvanlivosti řezných nástrojů jasně vyznívá pro loupání ocelových kruhových tyčí o průměru 68mm z ocele *38MnVS6* a mezi v pevnosti ocele R_m 730 [MPa] na loupací lince *LANDGRAF T80*, pro vyměnitelné břitové destičky od firmy *BOEHLERIT* s typovým označením *LNGF 2010 BML – M1 LCP 15P*.



POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE

- [1] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 1. díl*. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007, 126 s. ISBN 978-80-248-1641-8.
- [2] BRYCHTA, J.; ČEP, R.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Technologie II 2. díl*. Ostrava : Ediční středisko VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2008, 150 s. ISBN 978-80-248-1822-1.
- [3] ČEP, R.; BRYCHTA, J., SADÍLEK, M.; NOVÁKOVÁ, J.; PETŘKOVSKÁ, L. *Nové směry v progresivním obrábění*. Ostrava : VŠB-TU Ostrava, 2007. 251 s. ISBN 978-80-248-1505-3.
- [4] NESLUŠAN, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; ČEP, R.; TABAČEK, M. *Experimentálne metódy v trieskovom obrábaní*. Žilina : EDIS Žilina, 2007. 343 s. ISBN 978-80-8070-711-8.
- [5] HAVRILA, M.; TUREK, S.; BRYCHTA, J.; JURKO, J. *Top trendy v obrábění, I. část-Obráběné materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. s 205. ISBN 80-968954-2-7.
- [6] ZAJAC, J.; JURKO, J.; ČEP, R. *Top trendy v obrábění, II. část-Nástrojové materiály*. Žilina : Media/ST, s.r.o Žilina, 2006. s. 193. ISBN 80-968954-2-7.
- [7] TICHÁ, Šárka. *Strojírenská metrologie : část I*. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2006. 104 s. ISBN 80-248-0671-1.
- [8] HUMÁR, Anton. *Materiály pro řezné nástroje*. Praha: MM publishing, s.r.o. Praha, 2008. 235 s. ISBN 978-80-254-2250-2.
- [9] HRUŠKA, Karel; FRANK, Petr; HRUŠKA, Karel. *Řízení jakosti a metrologie*. Vyd. 1. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2003. 179 s. ISBN 80-7204-302-1.
- [10] HOLUBÁŘ, Pavel; ŠÍMA, Michal; MAIXNER, Vladimír. *Aplikace nových modifikací třívrstvých PVD povlaků. MM Průmyslové spektrum*. [online]. 13. duben 2011 [cit. 2014-04-12] Dostupné na WWW: <http://www.shm-cz.cz/wp-content/upload/2013/03/2011_04.pdf>
- [11] GROSSPIETSCH, John; *Mit TERA speed revolutioniert Boehlerit Stahl-und-Gussbearbeitungen. BOEHLERIT Magazine*. [online]. 23.ledna 2014 [cit.2014-04-20] Dostupné na WWW: <<http://www.boehlerit-magazine.com/mit-teraspeed-revolutioniert-boehlerit-stahl-und-gussbearbeitungen>>
- [12] BOEHLERIT.: *Bar peeling* 2012. Austria: BOEHLERIT GmbH & Co. KG, 2012. 39s
- [13] PRAMET TOOLS.: *Loupání tyčí* 2009. Šumperk: Firma Pramet Tools, s.r.o., 2009.40s



- [14] PRAMET TOOLS.: Příručka obrábění 2004. [online]. [cit. 2014-04-16] Dostupné na WWW: <http://www.mavslovakia.sk/pdf/pramet/prirucka_cz.pdf>
- [15] EUROPEAN PATENT SPECIFICATION; Adjustable cutting tool for a peeling operation. [online]. 29.12.1997 Bulletin 1997/52 [cit. 2014-04-16] Dostupné na WWW: <<https://docs.google.com/viewer?url=patentimages.storage.googleapis.com/pdfs/cdb7108f5ab724e20ae5/EP0703842B1.pdf>>
- [16] SANDVIK Coromant, technická redakce. Příručka obrábění. Praha: Scientia s. r. o. Praha, 1997. 910 s. ISBN 91-97 22 99-4-6.
- [16] HAULEROVÁ, Stanislava; WAWRACZ, Jiří. *160 let železáren v Třinci: 1839 – 1999*. Vyd. 1 Třinec : Třinecké železářny, 1999. 150 s.
- [17] MRKVICA, Ivan. *Návody ke cvičení z obráběcích strojů : 1. část*. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2006. Vyd. 2. 148 s. ISBN 80-248-1053-0.
- [18] MRKVICA, Miloš. *Přípravky a obráběcí nástroje: 1. díl, Řezné nástroje*. Ostrava : VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2006. Vyd. 3. 192 s. ISBN 80-7078-941-7
- [19] LEIVEBER, Jan; VÁVRA, Pavel; ŘASA, Jaroslav. *Strojnické tabulky : Upravené a doplněné vydání*. 3 Vyd. Praha : Pedagogické nakladatelství SCIENTIA, 1999. 1000 s. ISBN 80-7183-164-6.
- [20] SHAW, Milton C. *Metal Cutting Principles*. 2nd edition. New York : Oxford University Press, 2005. 651. p. ISBN 0-19-514206-3.
- [21] TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, Třinec. *Návod na loupací linku LANDGRAF T80*. 2012. 10 s.
- [22] TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, Třinec. *Technicko – organizační pokyn : metrologické zabezpečení měřidel*. 2012. 23 s.
- [23] TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, Třinec. *Technicko – organizační pokyn : řízení metrologie*. 2012. 12 s.
- [24] ČSN 42 6515 : Tyče kruhové z ocelí tříd 11 až 17 a 19 loupané, s úchytkami h9, h11 a h19 : rozměry. Praha : Vydavatelství norem, 1972. 12 s.
- [25] TŘINECKÉ ŽELEZÁRNY, *Výrobní program skupiny Třineckých železáren – Moravia steel*. Ostrava. 2007. 38 s.

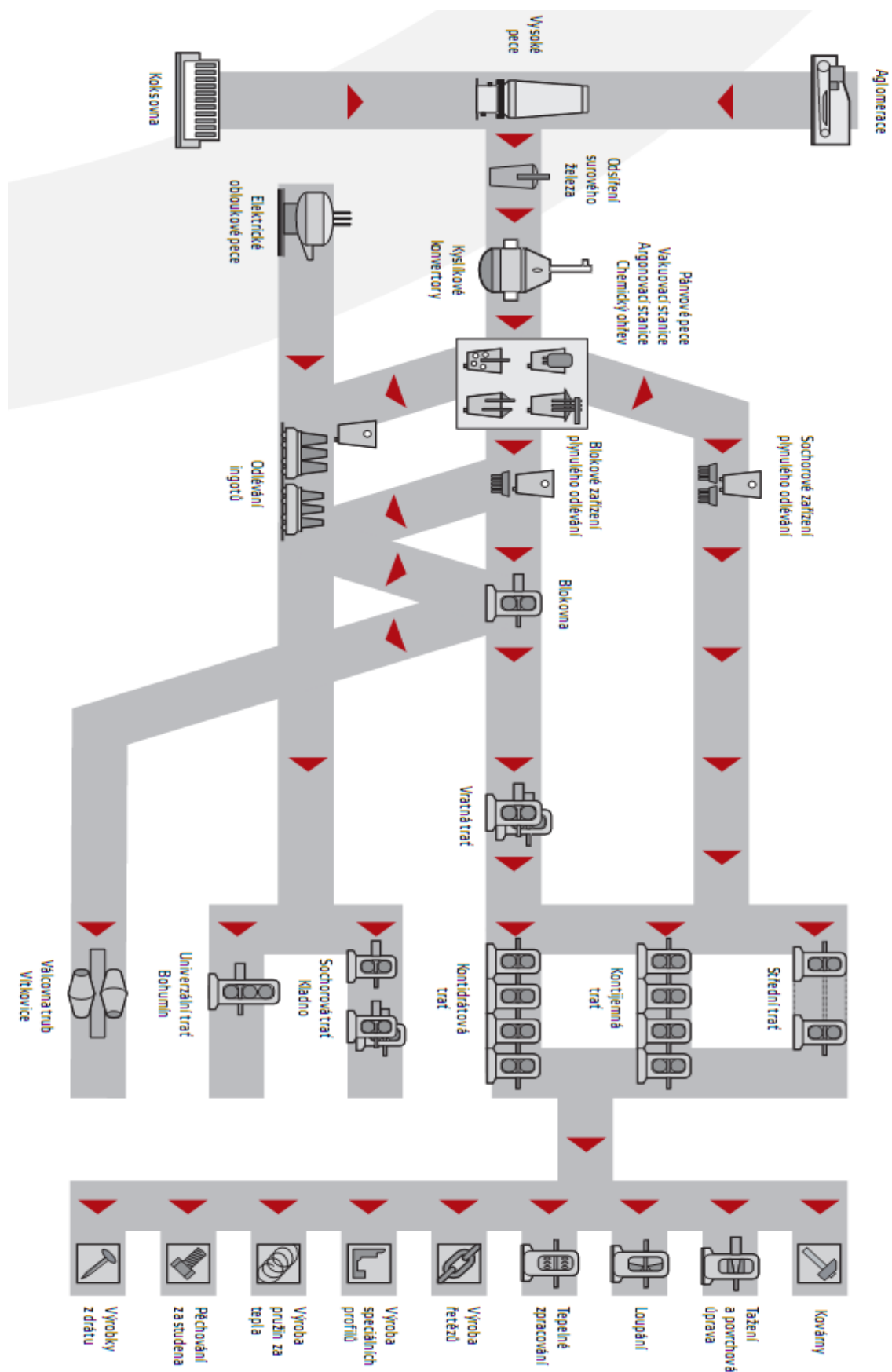


SEZNAM PŘÍLOH

- PŘÍLOHA A** Schéma materiálových toků a technologií výroby v TŽ, a.s.,.
- PŘÍLOHA B** Přehled řezných nástrojů pro loupání ocelových tyčí od firmy *BOEHLERIT*.
- PŘÍLOHA C** Převodní tabulka tvrdostí mechanických zkoušek firmy *BOEHLERIT*.

PŘÍLOHA A

Schéma materiálových toků a technologií výroby v Trineckých Železárnách, a.s.



Přehled řezných nástrojů pro loupání ocelových tyčí firmy *BOEHLERIT.*

BOEHLERIT

Sorte Grade	ISO	Anwendungsbereich Range of applications	Werkstoffgruppe Group of materials						Beschichtung Coating		
			P Stahl Steel	M Rostfrei Stainless	K Grauguss Grey cast iron	N NE-Metalle Nonferrous materials	S Hochwarmfest High tempera- ture alloys	H Harte Werkstoffe Hard materials	Nano schwarz Nano black	K-Alpha K-Alpha	Multilayer Multilayer
LC218E	HC-P10		■						●		
	HC-M10			■					●		
	HC-S10						□		●		
	HC-K10				□				●		
LC228E	HC-P25		■						●		
	HC-M25			■					●		
	HC-S25						□		●		
LC238E	HC-P35		■						●		
	HC-M35			■					●		
LCP15P	HC-P15		■							●	
	HC-M15			■						●	
	HC-K15				□					●	
LCM35P	HC-M35			■						●	
	HC-P35		□							●	
	HC-S35						□			●	
R421	HC-P15		■								●
R440	HC-P25		□								●
	HC-M25			■							●
R441	HC-P35		□								●
	HC-M35			■							●
R635	HC-P30		■								●
	HC-M30			□							●
R645	HC-P35		□								●
	HC-M35			■							●

Anwendungsschwerpunkt
Application peak

Gesamtbereich nach ISO 513
Full range to ISO 513

zunehmende Zähigkeit
increasing toughness

zunehmende Verschleißfestigkeit
increasing wear resistance

■ Hauptanwendung
Main application

□ Weitere Anwendung
Further applications

● Standard-
beschichtung
Standardcoating



PŘÍLOHA C

Převodní tabulka tvrdosti mechanických zkoušek firmy

BOEHLERIT.

Härte-Vergleichstabelle

Hardness-comparison table

BOEHLERIT

Zugfestigkeit Rm Tensile strength RM N/mm ²	Vickers- härte Vickers hardness HV	Brinell- härte Brinell hardness HB	Rockwell- härte Rockwell hardness HRC
255	80	76	
270	85	80,7	
285	90	85,5	
305	95	90,2	
320	100	95	
335	105	99,8	
350	110	105	
370	115	109	
385	120	114	
400	125	119	
415	130	124	
430	135	128	
450	140	133	
465	145	138	
480	150	143	
495	155	147	
510	160	152	
530	165	156	
545	170	162	
560	175	166	
575	180	171	
595	185	176	
610	190	181	
625	195	185	
640	200	190	
660	205	195	
675	210	199	
690	215	204	
705	220	209	
720	225	214	
740	230	219	
755	235	223	
770	240	228	20,3
785	245	233	21,3
800	250	238	22,2
820	255	242	23,1
835	260	247	24
850	265	252	24,8
865	270	257	25,6
880	275	261	26,4
900	280	266	27,1
915	285	271	27,8
930	290	276	28,5
950	295	280	29,2
965	300	285	29,8
995	310	295	31
1030	320	304	32,2
1060	330	314	33,3
1095	340	323	34,4

Zugfestigkeit Rm Tensile strength RM N/mm ²	Vickers- härte Vickers hardness HV	Brinell- härte Brinell hardness HB	Rockwell- härte Rockwell hardness HRC
1125	350	333	35,5
1155	360	342	36,6
1190	370	352	37,7
1220	380	361	38,8
1155	390	371	39,8
1290	400	380	40,8
1320	410	390	41,8
1350	420	399	42,7
1385	430	409	43,6
1420	440	418	44,5
1455	450	428	45,3
1485	460	437	46,1
1520	470	447	46,9
1555	480	(456)	47,7
1595	490	(466)	48,4
1630	500	(475)	49,1
1665	510	(485)	49,8
1700	520	(494)	50,5
1740	530	(504)	51,1
1775	540	(513)	51,7
1810	550	(523)	52,3
1845	560	(532)	53,0
1880	570	(542)	53,6
1920	580	(551)	54,1
1955	590	(561)	54,7
1995	600	(570)	55,2
2030	610	(580)	55,7
2070	620	(589)	56,3
2105	630	(599)	56,8
2145	640	(608)	57,3
2180	650	(618)	57,8
	660		58,3
	670		58,8
	680		59,2
	690		59,7
	700		60,1
	720		61
	740		61,8
	760		62,5
	780		63,3
	800		64
	820		64,7
	840		65,3
	860		65,9
	880		66,4
	900		67
	920		67,5
	940		68

Zugfestigkeit Tensile strength	N/mm ²	Rm
Vickershärte Vickers hardness	Diamantpyramide 1368, Prüfkraft $F \geq 98$ N Diamond pyramid 136°, Test force $F \geq 98$ N	HV
Brinellhärte Brinell hardness	$0,102 \times F/D^2 = 30$ N/mm ²	HB
Kalkuliert mit: Calculated from: $HB = 0,95 \times HV$	$F = \text{Prüfkraft in N, D = Kegeldurchmesser in mm}$ $F = \text{Test force in N, D = Ball diameter in mm}$	
Härte Rockwell C Rockwell hardness C	Diamantkegel 120°, Gesamtprüfkraft 1471 ± 9 N Diamond cone 120°, Total test force 1471 ± 9 N	HRC



Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat, vedoucí diplomové práce Ing. et Ing. Mgr. Jana Petrů, Ph.D. za její trpělivost, cenné připomínky a rady při zpracování této diplomové práce.